การพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

นายประภาศักดิ์ จิรเศรษฐพงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A MANUAL OF GUIDELINE FOR EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF CONTROL CHARTS IN AN ELECTRONIC ASSEMBLY FACTORY

Mr. Prapasak Jirasettapong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นายประภาศักดิ์ จิรเศรษฐพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประภาศักดิ์ จิรเศรษฐพงศ์ : การพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์.
(DEVELOPMENT OF A MANUAL OF GUIDELINE FOR EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF CONTROL CHARTS IN AN ELECTRONIC ASSEMBLY FACTORY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 228 หน้า.

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าทฤษฎีแผนภูมิควบคุมจะมีการถ่ายทอดโดยทั่วไปทั้งในภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนได้มีการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุม แต่ในกรณีของโรงงานกรณีศึกษานั้นยังพบความไม่เหมาะสมในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมหลายประการและมีแผนภูมิที่มีข้อบกพร่องเป็นสัดส่วนถึง 98.8% จึงเป็นเหตุให้งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล การสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล และการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เพื่อป้องกันและลดความไม่เหมาะสมในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และทำให้การใช้งานแผนภูมิควบคุมมีประสิทธิผล

คู่มือที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำมาใช้ตรวจประเมินเพื่อบ่งชี้ปัญหาและเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา โดยผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงคือ การใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมุ่งเน้นที่ประสิทธิผลที่จะได้รับจากการใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้ทรัพยากรในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมีความรัดกุมมากขึ้น และแผนภูมิควบคุมที่มีความบกพร่องจะมีจำนวนและสัดส่วนที่ลดลง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา 2553

5071430221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : CONTROL CHARTS / STATISTICAL PROCESS CONTROL / SPC /

PRAPASAK JIRASETTAPONG : DEVELOPMENT OF A MANUAL OF GUIDELINE FOR EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF CONTROL CHARTS IN AN ELECTRONIC ASSEMBLY FACTORY. ADVISOR : ASST.PROF. NAPASSAVONG ROJANAROWAN, Ph.D. , 228 pp.

Control chart is a widely-used statistical process control tool in electronic assembly industry. In spite of the fact that the theory of control charts has been taught broadly in both academic and industrial sections and the information technology system has been brought to support control charts implementation, a case study of an electronic assembly factory revealed that the implementation of control charts was still ineffective as the proportion of inappropriate control charts was as high as 98.8%. Therefore, this research focused on developing of a manual of guideline for effective implementation of control charts in an electronic assembly factory. This manual of guideline is separated into 3 sections: effective control charts implementation procedures, effective control chart implementation support, and control charts implementation audit in order to prevent or reduce inappropriate actions during the implementation and make control charts implementation effective.

This manual of guideline was used to audit, identify problems, and propose solutions of control charts implementation to the factory. The results expected from the improvements are: the implementation of control charts will focus on effectiveness, the use of resources for implementing control charts will be more considerate, and the proportion of inappropriate control charts will be reduced.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

ในระหว่างการดำเนินการวิจัยเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำได้พบกับปัญหาและอุปสรรคมากมาย และเคยมีความคิดที่จะล้มเลิกงานวิจัยเสียกลางคัน อย่างไรก็ตามด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือและผลักดันผู้จัดทำ จนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ได้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นพร้อมทั้งตรวจสอบถึงความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาและเพื่อนพนักงานทุกท่าน ที่ให้โอกาสและเอื้อเฟื้อเวลากับผู้วิจัยในการศึกษาข้อมูล อีกทั้งยังให้ความร่วมมือ คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดจนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาแก้ผู้วิจัย ทำให้สามารถทำงานวิจัยนี้ได้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฐ

สารบัญภาพ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 2

1.3 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน..... 3

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 11

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 11

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 11

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

2.1 แนวคิดและทฤษฎี..... 13

2.1.1 การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ..... 13

2.1.2 แผนภูมิควบคุม..... 14

2.1.2.1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย..... 14

2.1.2.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... 14

2.1.2.3 แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ 15

2.1.2.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุม
จำนวนของเสีย..... 16

2.1.2.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยและแผนภูมิ
ควบคุมจำนวนตำหนิ..... 17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.1.2.6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม..... 17
2.1.2.7 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียล..... 18
2.1.2.8 แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ..... 18
2.1.2.9 แผนภูมิควบคุมนับสะสม..... 20
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 22
2.2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสำคัญในการนำการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปใช้ให้ประสบความสำเร็จ..... 22
2.2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกรอบการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 23
2.2.2.1 กรอบการดำเนินการที่มุ่งเน้นขั้นตอนและวิธีการในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน..... 23
2.2.2.2 กรอบการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้โดยผสานการจัดการและขั้นตอนวิธีการ..... 23
2.2.2.3 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้..... 25
2.2.3 สรุปการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 26

บทที่ 3 การพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล..... 27
3.1 ขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล..... 27
3.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม..... 32
3.2.1 ความจำเป็นในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม..... 32
3.2.2 ประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ..... 33
3.2.3 ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม..... 35
3.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด..... 46

หน้า

3.4 การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล..... 46
3.5 การบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อ
กระบวนการออกนอกการควบคุม..... 77
3.6 การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม..... 78
3.7 การออกแบบแผนภูมิควบคุม..... 81
3.7.1 กำหนดรูปแบบของแผนภูมิควบคุม..... 81
3.7.2 ดำเนินการเก็บข้อมูลตามการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล..... 81
3.7.3 คำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมและกำหนดเส้นกึ่งกลางและ
พิกัดควบคุม..... 81
3.7.3.1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย..... 81
3.7.3.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.... 82
3.7.3.3 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่..... 83
3.7.3.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย..... 84
3.7.3.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย..... 84
3.7.3.6 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วย..... 84
3.7.3.7 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ..... 85
3.7.3.8 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม..... 85
3.7.3.9 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วย
เอกซโพเนนเชียล..... 86
3.7.3.10 แผนภูมิควบคุมนับสะสม..... 87
3.7.3.11 แผนภูมิ Shewhart สำหรับแต่ละสายกระบวนการโดย
ใช้พิกัดควบคุมของ Meneces et al. (2008) 87
3.7.3.12 แผนภูมิควบคุมกลุ่ม ( ) โดยใช้ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม
ของ Grimshaw et al. (1999) 88
3.7.3.13 แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิ Shewhart สำหรับค่าสถิติ R_t 89
3.7.3.14 แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิ CUSUM สำหรับค่าสถิติ R_t.. 90
3.7.3.15 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยโดยใช้ค่า
ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย..... 91

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.7.3.16 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่โดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย..... 92
3.7.3.17 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยมาตรฐาน..... 92
3.7.3.18 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน..... 93
3.7.3.19 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมาตรฐาน..... 94
3.7.3.20 แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียมาตรฐาน..... 94
3.7.3.21 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยมาตรฐาน..... 95
3.7.3.22 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิมาตรฐาน..... 95
3.7.4 พล็อตค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมลงบนแผนภูมิควบคุม..... 95
3.8 การกำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม..... 95
3.9 การกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม..... 101
3.10 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ..... 107
3.11 การทบทวนพิกัดควบคุม..... 116
3.12 การสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล..... 116
3.12.1 การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร..... 117
3.12.2 การจัดตั้งทีมงาน..... 117
3.12.3 การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ..... 117
3.12.4 การจัดทำเอกสาร..... 117
3.12.5 การฝึกอบรม..... 118
3.12.6 การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 118
3.13 การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 118
3.14 สรุปการพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล..... 122

บทที่ 4 กรณีศึกษา: การนำคู่มือแนวทางสำหรับการใช้งานแผนภูมิควบคุมไปใช้งานกับโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์..... 124
4.1 การบ่งชี้ปัญหาในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 124

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.2 แนวทางในการแก้ไขปัญหา..... 135
4.2.1 การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร..... 135
4.2.2 จัดตั้งทีมงาน..... 136
4.2.3 กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ..... 136
4.2.4 จัดทำเอกสาร..... 138
4.2.5 พัฒนาและจัดการฝึกอบรมให้ครอบคลุมและให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม..... 139
4.2.6 พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 142
4.2.7 วางแผนและดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 145
4.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 146

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 149
5.1 สรุปผลงานวิจัย..... 149
5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย..... 150
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 151
5.3.1 การปรับปรุงเพื่อให้สามารถนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติได้ 151
5.3.2 การปรับปรุงเพื่อให้สามารถนำคู่มือแนวทางไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมอื่น..... 156
5.3.3 การปรับปรุงเพื่อสำรวจการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทย..... 156
5.3.4 การศึกษาต้นทุนในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานอุตสาหกรรม..... 157

รายการอ้างอิง..... 158
ภาคผนวก..... 162
ภาคผนวก ก เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ..... 163
ภาคผนวก ข คู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล..... 172

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก ค ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม..... 224
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 228

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ข้อบกพร่องชนิดต่างๆ จากแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง……..	8
3.1	การแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติตามดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการหรือสัดส่วนของเสีย……..	36
3.2	ARL_0 ของแผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีจำนวนสายกระบวนการ k…….……	50
3.3	$ARL(1)_0$ ของแผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีจำนวนสายกระบวนการ k…….	51
3.4	$ARL(2)_0$ ของแผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีจำนวนสายกระบวนการ k…….	52
3.5	ความกว้างของพิกัดควบคุมสำหรับการใช้แผนภูมิ Shewhart 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ……..	56
3.6	การกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยเพื่อตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้มีระยะเวลาเท่ากับ 6 ชั่วโมง……	70
3.7	การกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยเพื่อตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้มีระยะเวลาใกล้เคียงกับ 6 ชั่วโมง……...	71
3.8	ค่า k และ h สำหรับแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ให้ค่า ARL_0 เท่ากับ 370	86
3.9	ค่า ARL สำหรับแผนภูมิ EWMA ที่ค่า L และ λ ต่างๆ……...	87
3.10	การทดสอบสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุม Shewhart……..	100
3.11	ดัชนีความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลผันแปรของโปรแกรม Minitab Release 15……...	111
3.12	ค่าวัดความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะของโปรแกรม Minitab Release 15……	113
3.13	รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม……...	119
4.1	คะแนนจากการจากการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา……..	132
4.2	การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการการสนับสนุนและการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา……..	137

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่		หน้า
5.1	แผนงานระยะที่ 1 ในนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติ.....	152
5.2	แผนงานระยะที่ 2 ในนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติ.....	155

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กระบวนการในการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง.....	2
1.2	ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา.....	3
1.3	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุ.....	4
1.4	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่เลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ.....	4
1.5	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่มีจุดออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข.....	5
1.6	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่มีจุดอยู่ด้านบนหรือล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด.....	6
1.7	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่กำหนดเส้นกึ่งกลางและเส้นพิกัดควบคุมไม่ครบถ้วน	6
1.8	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมดและจุดบนแผนภูมิควบคุมพิสัยอยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด.....	7
1.9	แผนภูมิพาเรโตของข้อบกพร่องชนิดต่างๆ จากแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง.....	8
2.1	การกระจายตัวของคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Quality characteristic) ของผลิตภัณฑ์.....	13
2.2	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมนับสะสม.....	21
3.1	ขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล.....	27
3.2	ประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ.....	34
3.3	ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม.....	35
3.4	การกำหนดระดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย.....	37
3.5	แผนผังเมทริกซ์สำหรับการพิจารณาความสัมพันธ์ของกระบวนการกับพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย.....	39
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง PP และ IPP ของกระบวนการที่ 3 กับ FPP.....	42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่		หน้า
3.7	แนวทางในการเลือกพารามิเตอร์ที่จะนำไปควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม.....	43
3.8	ความสัมพันธ์ระหว่างIPP และ PP ของกระบวนการที่ 2 และ 5 กับ FPP E.....	44
3.9	แผนภูมิควบคุมที่มีการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิโดยแต่ละชั้นภูมิ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ.....	48
3.10	การเปรียบเทียบค่า ARL ระหว่างแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการต่างๆ..	54
3.11	การเปรียบเทียบค่า ARL ระหว่างแผนภูมิควบคุม GCC และ CUSUM - R_t เมื่อมีหลายสายกระบวนการออกนอกการควบคุมพร้อมกัน.....	55
3.12	แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ.....	57
3.13	แผนภูมิควบคุมที่บ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษ.....	61
3.14	แผนภูมิควบคุมระหว่าง/ภายใน.....	61
3.15	การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ.....	65
3.16	การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ทำให้มีของเสียเกิดขึ้น เท่ากับค่าเป้าหมาย.....	66
3.17	กราฟแสดงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของค่าเฉลี่ยในหน่วย kσ	72
3.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดหมายของจำนวนชิ้นงานที่ต้องใช้ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการด้วยแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในหน่วย kσ	72
3.19	ค่า ARL ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ ด้วยแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ขนาดกลุ่มย่อยต่างๆ.....	74
3.20	แนวทางในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยสำหรับแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร	75
3.21	แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร.....	78
3.22	แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลเชิงลักษณะ.....	80
3.23	จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A.....	96
3.24	จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง.....	96
3.25	จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง.....	97
3.26	จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน.....	97
3.27	2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน.....	98
3.28	4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน.....	98

ภาพที่		หน้า
3.29	จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง	99
3.30	จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลางโดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C……..	99
3.31	จุดพล็อตมีลักษณะเป็นวัฏจักร……..	101
3.32	OCAP……...	103
3.33	การศึกษาความสามารถของกระบวนการที่ไม่อยู่ในสภาวะเสถียร……..	110
3.34	การศึกษาความสามารถของกระบวนการที่อยู่ในสภาวะเสถียร……...	110
3.35	ช่วงปริมาณสัดส่วนของเสียที่เป็นไปได้ที่ค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ต่างๆ……...	115
4.1	เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษาในส่วนของหน้าที่ความรับผิดชอบ…….……	138
4.2	เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษาในส่วนของหน้าที่ความรับผิดชอบ…….……	139
4.3	ขั้นตอนการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ…..	143

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

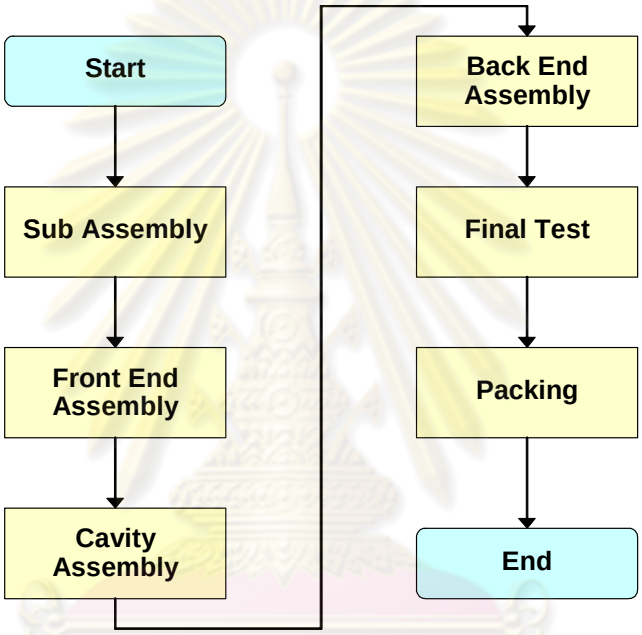
คุณภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่เสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม โรงงานที่สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพจะมีความได้เปรียบในการแข่งขันอย่างยั่งยืน การผลิตสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพให้เป็นที่พึงพอใจแก่ลูกค้า จำเป็นต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิผล

การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) เป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือหลักคือแผนภูมิควบคุม ในปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการคำนวณและสร้างแผนภูมิควบคุมทำให้มีความรวดเร็วและลดความยุ่งยากซับซ้อนลงได้มาก ทฤษฎีแผนภูมิควบคุมมีการถ่ายทอดกันอย่างทั่วถึงทั้งในภาคการศึกษาในมหาวิทยาลัยและการฝึกอบรมต่างๆ ในภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามแม้ว่าทฤษฎีแผนภูมิควบคุมจะมีการถ่ายทอดกันอย่างต่อเนื่องและแผนภูมิควบคุมถูกนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมาเป็นเวลานานและได้มีการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณและสร้างแผนภูมิควบคุมแล้ว แต่ก็ยังมีโรงงานหลายโรงงานที่นำแผนภูมิควบคุมไปใช้แล้วไม่ประสบความสำเร็จและมีความไม่เหมาะสมในการใช้งานแผนภูมิควบคุมหลายประการ เช่น การเลือกพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสม การเลือกแผนภูมิควบคุมไม่ถูกต้อง ความไม่เหมาะสมในการกำหนดพิกัดควบคุม ไม่มีการดำเนินการหรือขาดขั้นตอนการปฏิบัติที่ดีเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ขาดการทบทวนพิกัดควบคุม ความไม่เหมาะสมเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้การใช้แผนภูมิควบคุมไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในการควบคุมและลดความผันแปรของกระบวนการและยังก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายแฝง (Hidden Cost) ในการดำเนินการ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ด.ร.เดมมิ่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพที่ว่า “เราพบว่าแผนภูมิควบคุมที่ถูกนำไปใช้จำนวนนับไม่ถ้วนนั้น โชคร้ายที่ส่วนใหญ่ถูกใช้อย่างไม่ถูกต้อง ซึ่งเป็นที่น่ากลัวว่าจะให้ผลร้ายมากกว่าผลดี” (Deming, 1998: 322)

การนำแผนภูมิควบคุมซึ่งเป็นเครื่องมือควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปใช้ให้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องผสมผสานทักษะในด้านการวางแผน วิศวกรรม การจัดการ สถิติ และการสื่อสารเข้าด้วยกัน (Antony, 2003) นอกเหนือไปจากความเข้าใจในทฤษฎีของแผนภูมิควบคุม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการวิจัยโดยรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ แนวทาง วิธีการ และการจัดการ ในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมและการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ มาประยุกต์และพัฒนาเป็นคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล โดยยกตัวอย่างกรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา 1 โรงงาน

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจโดยการรับจ้างผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Manufacturing Service หรือ EMS) ที่ใช้ในการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษาคืออุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transmitter) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของระบบเครือข่ายการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสง โดยกระบวนการในการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสงสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กระบวนการในการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง

Sub Assembly: เป็นขั้นตอนแรกในการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง คือการผลิตชิ้นงานย่อยๆ ที่เป็นส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 10 ชิ้นงาน (10 Sub Assemblies) ได้แก่ Sled Sub Assembly, C2L Sub Assembly, FCL Sub Assembly, FL Sub Assembly, FF Sub Assembly, PZT Sub Assembly, RTD Sub Assembly, T Sub Assembly, Lid Sub Assembly และ Package Sub Assembly

Front End Assembly: เป็นขั้นตอนที่ 2 ในการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง รายละเอียดในขั้นตอนนี้คือการเริ่มประกอบชิ้นงานในส่วนหลักทางด้านหน้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของเลนส์และสายใยแก้วนำแสง สำหรับชิ้นงานย่อยๆ ที่ถูกนำมาประกอบในขั้นตอนนี้ ได้แก่ Sled, C2L, FCL, FL และ FF Sub Assembly

Cavity Assembly: ในขั้นตอนนี้เป็นการประกอบชิ้นงานในส่วนที่สอง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของกระจกและตัวปรับความถี่ของสัญญาณ สำหรับ Sub Assembly ที่ถูกนำมาประกอบในขั้นตอนนี้ได้แก่ PZT, RTD, FCLและ T Sub Assembly

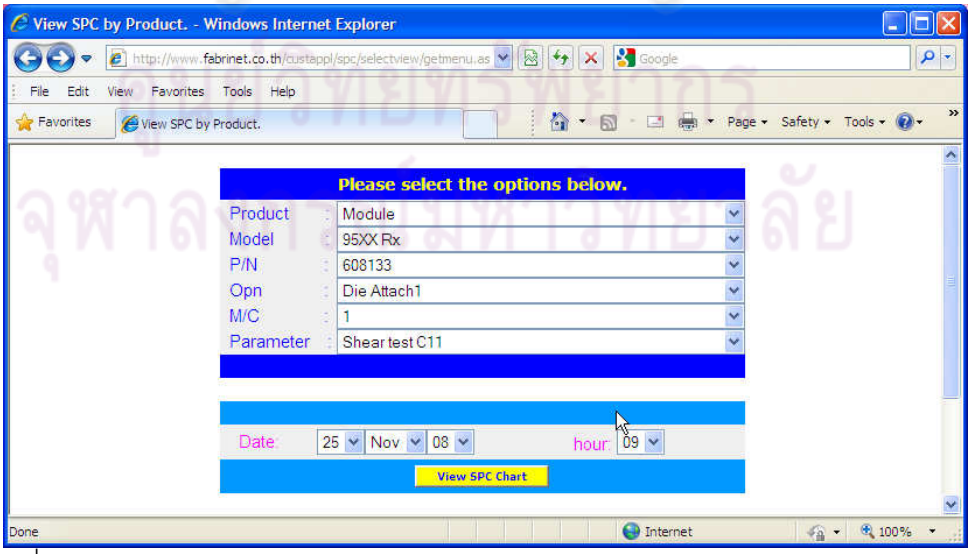
Backend Assembly: เป็นขั้นตอนที่ 4 ในการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง โดยในขั้นตอนนี้คือการประกอบชิ้นงานในส่วนสุดท้าย (Back End) ซึ่งเมื่อชิ้นงานถูกประกอบโดยเสร็จสิ้นแล้ว จะถูกนำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ (Package) ที่มีลักษณะเป็นโลหะและทำการปิดฝา (Lid) อย่างมิดชิด เพื่อป้องกันการกระแทกและความชื้นจากภายนอก สำหรับชิ้นงานย่อยๆ ที่ถูกนำมาประกอบในขั้นตอนนี้ได้แก่ Package และ Lid Sub Assembly

Final Test: เป็นการทดสอบสมรรถภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่ได้ทำการประกอบเสร็จสิ้นแล้ว เพื่อที่จะทำให้แน่ใจได้ว่าไม่มีชิ้นงานเสียหรือบกพร่องหลุดไปถึงมือของลูกค้า

Packing: เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะส่งมอบงานให้แก่ลูกค้าได้แก่ ขั้นตอนนี้เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบสมรรถภาพในขั้นตอนสุดท้าย ลงในบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะคงทนและป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ (ESD) หลังจากนั้นนำมาบรรจุใส่กล่องและปิดผนึก พร้อมที่จะถูกส่งไปยังลูกค้าต่อไป

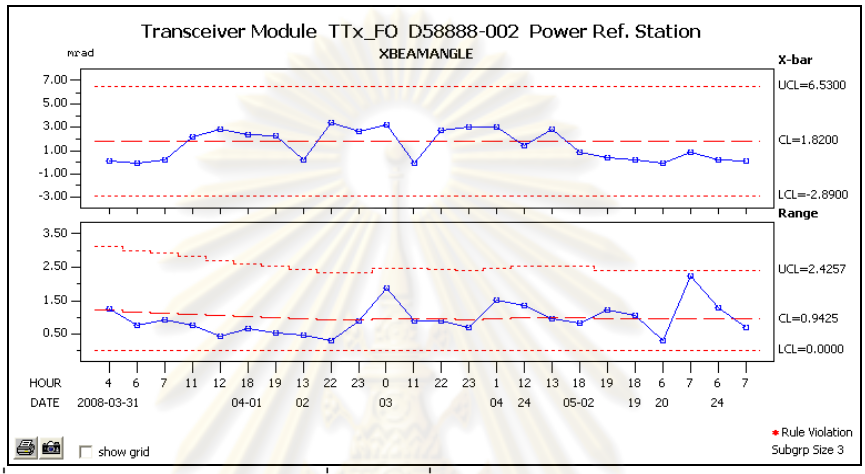
1.3 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน

จากการตรวจสอบแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสงซึ่งอยู่ในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงงานกรณีศึกษา (รูปที่ 1.2) ในช่วงวันที่ 25 พฤศจิกายน ถึง 1 ธันวาคม พ.ศ. 2551 พบว่ามีแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องจำนวน 332 แผนภูมิหรือ 98.8% จากแผนภูมิควบคุมทั้งหมด 336 แผนภูมิ ซึ่งข้อบกพร่องที่พบสามารถแบ่งออกเป็น 8 ประเภท คือ



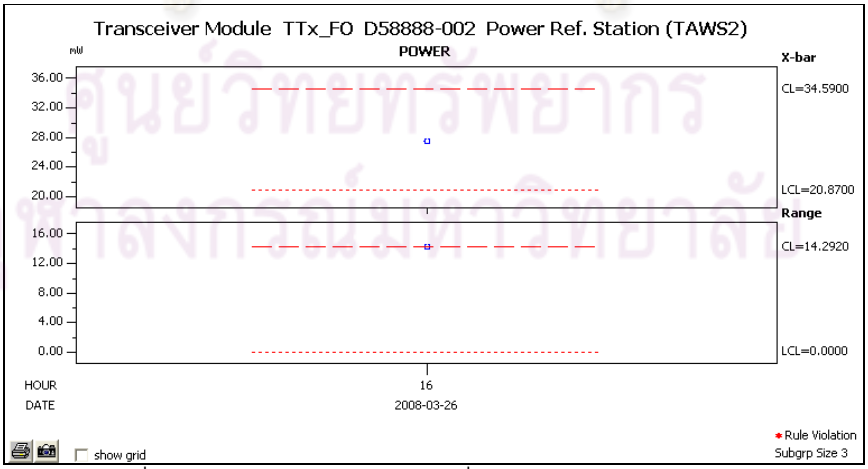
รูปที่ 1.2 ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา

1) มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุ เช่น จากรูปที่ 1.3 พิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมพิสัยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นแนวโน้ม ซึ่งลักษณะเช่นนี้ขัดแย้งกับข้อกำหนดในมาตรฐาน EIA 557-B ซึ่งเป็นมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ที่ระบุว่าพิกัดควบคุมไม่ควรถูกเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องโดยไม่ได้มีการค้นหาสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้น ทั้งนี้พิกัดควบคุมควรจะถูกเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อกระบวนการได้รับการปรับปรุง



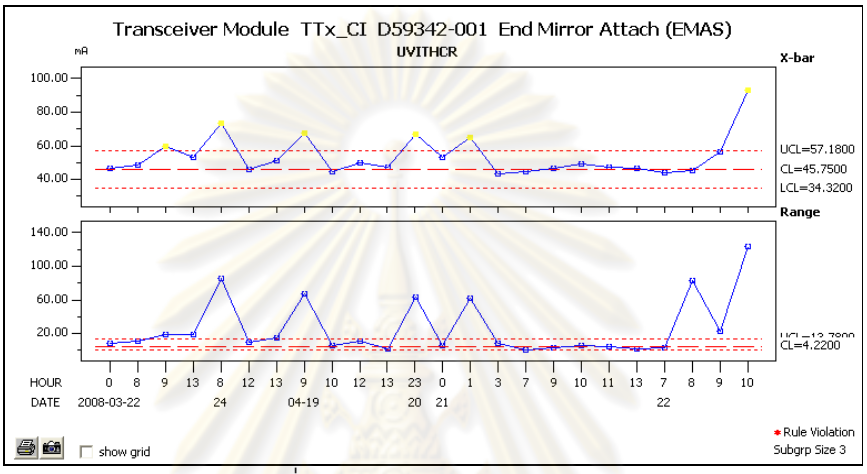
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุ

2) แผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ จากรูปที่ 1.4 แผนภูมิมีจุดพล็อตเพียง 1 จุด ตั้งแต่วันที่ 26 มีนาคม 2551 หรือตั้งแต่ 8 เดือนก่อนการตรวจสอบ ซึ่งวิศวกรผู้รับผิดชอบระบุว่าแผนภูมิได้ถูกยกเลิกการใช้งาน แต่ไม่ได้ถูกนำออกจากระบบ



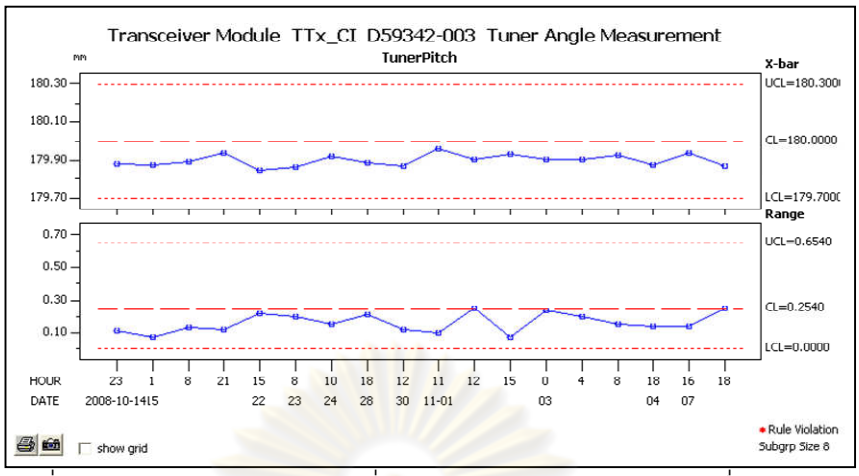
รูปที่ 1.4 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่เลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ

3) จุดบนแผนภูมิควบคุมออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข เช่น จากรูปที่ 1.5 จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัยมีจุดที่ออกนอกการควบคุม แต่จากการตรวจสอบพบว่า ไม่มีบันทึกการค้นหาสาเหตุพิเศษหรือดำเนินการแก้ไข ซึ่งลักษณะเช่นนี้ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน EIA 557-B ที่กำหนดให้มีการค้นหาสาเหตุพิเศษ ดำเนินการแก้ไขหรือป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำ และเก็บบันทึกผลการดำเนินการไว้



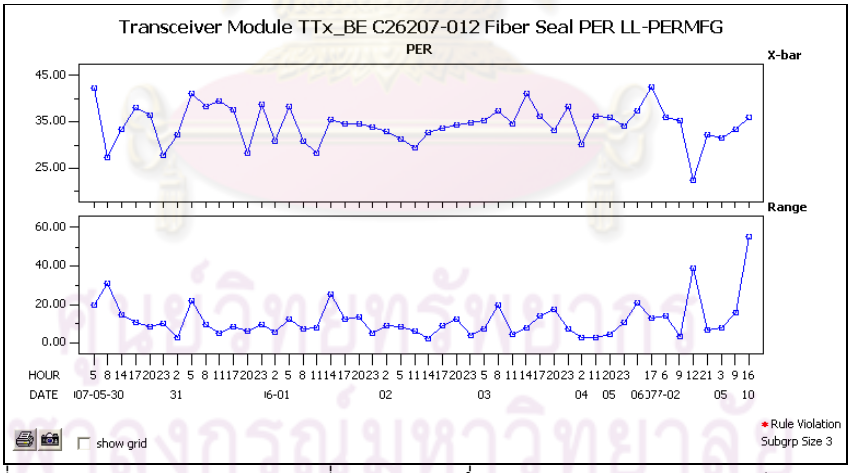
รูปที่ 1.5 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่มีจุดออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข

4) จุดบนแผนภูมิควบคุมอยู่ด้านบนหรือล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด ดังรูป 1.6 โดยปกติแล้วจุดบนแผนภูมิควบคุมควรมีลักษณะสุ่มคือ จะต้องกระจายอยู่ทั้งด้านบนและล่างของเส้นกึ่งกลาง ในกรณีที่พิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากลักษณะของจุดพล็อตที่ไม่เป็นแบบสุ่ม หากมีจุดพล็อตอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลางต่อเนื่องกันมากกว่าหรือเท่ากับ 9 จุด ก็สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม (Kubiak และ Benbow, 2009) ซึ่งแผนภูมิของโรงงานกรณีศึกษาที่พบข้อบกพร่องในลักษณะนี้นั้น จุดเกือบทุกจุดจะอยู่ในด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง แต่ก็ไม่ได้มีการดำเนินการใดๆ เพื่อแก้ไข จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้แผนภูมินั้นๆ มีความบกพร่อง



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่มีจุดอยู่ด้านบนหรือล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด

5) กำหนดเส้นกึ่งกลางและเส้นพิกัดควบคุมไม่ครบถ้วน เช่นรูปที่ 1.7 โดยปกติแล้วแผนภูมิควบคุมที่ถูกต้องจะต้องประกอบไปด้วยเส้นกึ่งกลาง และพิกัดควบคุมบนและล่าง (Montgomery, 2005: 150) แผนภูมิที่ไม่มีการกำหนดเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมนั้นไม่ถือว่าเป็นแผนภูมิควบคุม (Grant, 1996: 12)

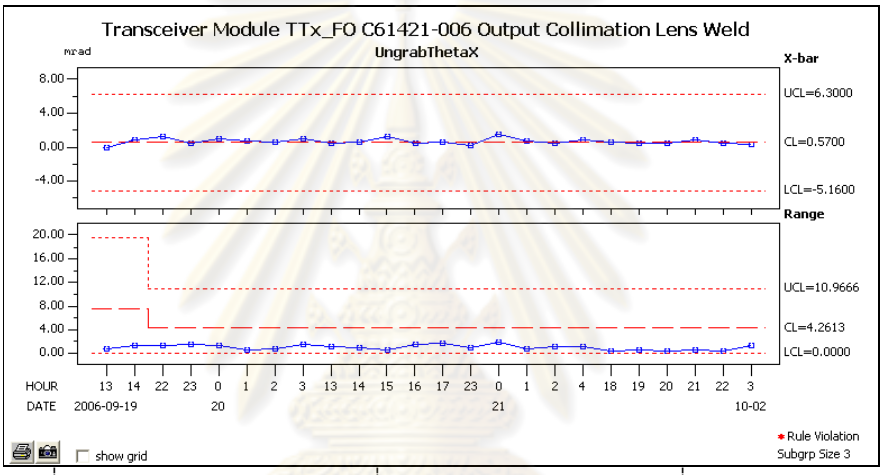


รูปที่ 1.7 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่กำหนดเส้นกึ่งกลางและเส้นพิกัดควบคุมไม่ครบถ้วน

6) จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด ดังรูป 1.8 (บน) ในกรณีที่พิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากลักษณะของจุดพล็อตที่ไม่เป็นแบบสุ่ม หากมีจุดพล็อตอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อเนื่องกันมากกว่าหรือเท่ากับ 15 จุด ก็สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม (Kubiak และ

Benbow, 2009) ซึ่งแผนภูมิของโรงงานกรณีศึกษาที่พบข้อบกพร่องในลักษณะนี้นั้น จุดเกือบทุกจุดจะอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

7) จุดบนแผนภูมิควบคุม R, S หรือ MR อยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด ดังรูป 1.8 (ล่าง) ข้อบกพร่องในกรณีนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อบกพร่องที่ 4 แต่จุดบนแผนภูมิควบคุมจะอยู่ด้านล่างของเส้นกึ่งกลางและอยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อบกพร่องจากการออกแบบแผนภูมิควบคุม คือ การประมาณค่าเฉลี่ยของ R, S หรือ MR ที่สูงเกินไปจนทำให้พิกัดควบคุมของแผนภูมิพิสัยมีค่ากว้างมาก และจุดบนแผนภูมิ R, S หรือ MR อยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด



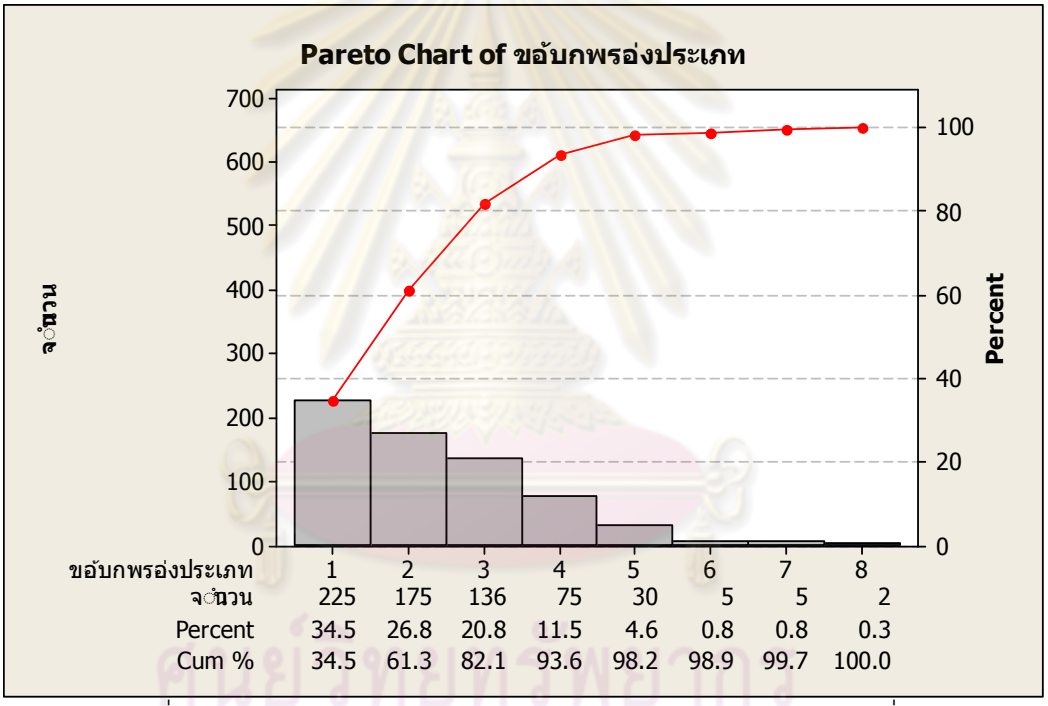
รูปที่ 1.8 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมดและจุดบนแผนภูมิควบคุมพิสัยอยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด

8) ใช้พิกัดข้อกำหนดเฉพาะเป็นพิกัดควบคุมในแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย พิกัดข้อกำหนดเฉพาะจะถูกใส่ลงในแผนภูมิควบคุมได้ก็ต่อเมื่อแผนภูมินั้นเป็นแผนภูมิที่พล็อตค่าตัวอย่างเดี่ยว (Individual observations) ดังนั้นการใส่พิกัดข้อกำหนดเฉพาะลงในแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นค่าสถิติจึงถือเป็นความผิดพลาด (Montgomery 2005: 206) ทั้งนี้เพราะการใส่พิกัดข้อกำหนดเฉพาะลงในแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยจะทำให้การตัดสินสภาวะของกระบวนการเกิดความผิดพลาดได้ (Grant, 1996: 371)

จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องแต่ละประเภทสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.9

ตารางที่ 1.1 ข้อบกพร่องชนิดต่างๆ จากแผนภูมิควบคุมที่ใช้
ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง

ประเภท	ข้อบกพร่องที่พบในแผนภูมิควบคุม	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
1	มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุ	225	34.5%
2	แผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ	175	26.8%
3	จุดบนแผนภูมิควบคุมออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข	136	20.8%
4	จุดบนแผนภูมิควบคุมอยู่ด้านบนหรือล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด	75	11.5%
5	กำหนดเส้นกึ่งกลางและเส้นพิกัดควบคุมไม่ครบถ้วน	30	4.6%
6	จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด	5	0.8%
7	จุดบนแผนภูมิควบคุม R, S หรือ MR อยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด	5	0.8%
8	ใช้พิกัดข่อกำหนดเฉพาะเป็นพิกัดควบคุมในแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย	2	0.3%
	รวม	**653**	**100%**



รูปที่ 1.9 แผนภูมิพาเรโตของข้อบกพร่องชนิดต่างๆ จากแผนภูมิควบคุมที่ใช้
ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง

จากตารางที่ 1.1 จำนวนข้อบกพร่องที่พบทั้งหมดคือ 653 ข้อบกพร่อง หรือโดยเฉลี่ย 1.94 ข้อบกพร่องต่อแผนภูมิ โดยมีข้อบกพร่องหลักอยู่ 3 ประเภทคิดเป็น 82% จากข้อบกพร่องทั้งหมด ตามแผนภูมิพาเรโต (รูปที่ 1.9) คือ มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุ, แผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ และจุดบนแผนภูมิควบคุมออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข

ความบกพร่องของแผนภูมิควบคุมที่พบจำนวนมากแสดงให้เห็นเป็นนัยว่า การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมนั้นมีความบกพร่อง ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและสรุปปัญหาของแนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมและการสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

- การกำหนดพารามิเตอร์ที่จะควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม พารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้ใช้แผนภูมิควบคุมส่วนใหญ่จะเกิดจากการร้องขอจากลูกค้าเป็นครั้งๆ โดยไม่มีการเลือกพารามิเตอร์ในภาพรวมอย่างเป็นระบบ ทำให้การใช้แผนภูมิควบคุมไม่ครอบคลุมพารามิเตอร์ที่สำคัญทั้งหมดและเกิดความซ้ำซ้อนของพารามิเตอร์ที่ควบคุม

- การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม ในการเลือกแผนภูมิควบคุมถึงแม้ว่าโรงงานกรณีศึกษาจะมีแผนที่การเลือกแผนภูมิควบคุม (Control Chart selection road map) ที่มีแผนภูมิควบคุมหลายชนิด แต่แผนภูมิควบคุมที่สามารถเลือกนำใช้ได้จริงมีเพียง $\overline{X}$ - R, $\overline{X}$ - s และ X–MR เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยในการวาดแผนภูมิควบคุมโดยอัตโนมัติมีแผนภูมิควบคุมเพียง 3 ชนิดนี้เท่านั้น และจากการสอบถามผู้ควบคุมกระบวนการที่ออกแบบแผนภูมิควบคุมถึงวิธีการและเหตุผลที่เลือกแผนภูมิควบคุมนั้นๆ พบว่าเหตุผลและวิธีการเลือกแผนภูมิควบคุมยังไม่มีความชัดเจนและไม่ได้มีการนำแผนที่การเลือกแผนภูมิควบคุมมาใช้ในทางปฏิบัติจริง ทำให้ได้แผนภูมิควบคุมที่ไม่เหมาะสมในการควบคุมการผลิต เช่น การเลือกแผนภูมิ X-MR โดยไม่มีการประเมินการกระจายตัวของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ เป็นต้น

- การออกแบบแผนภูมิควบคุมไม่มีการพิจารณาการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล ทำให้มีแผนภูมิควบคุมบางส่วนเกิดข้อบกพร่องเช่น จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด แผนภูมิ $\overline{X}$ - R หรือ $\overline{X}$ - s ไม่มีการหาขนาดของกลุ่มย่อย (Sample size) ที่เหมาะสม แผนภูมิ $\overline{X}$ บางส่วนมีการนำพิกัดข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์มากำหนดเป็นพิกัดควบคุม ในการกำหนดพิกัดควบคุมทดลอง (Trial control limit) มีการกลั่นกรองหรือตัดข้อมูลของจุดพล็อตที่ออกนอกการควบคุมโดยไม่ค้นหาสาเหตุ

- การตีความแผนภูมิควบคุม มีการกำหนดกฎในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมที่เป็นพื้นฐาน 8 ข้อแรกโดยอ้างอิงจาก Mongomery (2005) ตารางที่ 4-1 แต่ไม่มีกฎในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมจากรูปแบบของจุดพล็อตที่ไม่เป็นเชิงสุ่ม (Nonrandom) และไม่ได้มีการกำหนดแนวทางในการเลือกใช้กฎแต่ละข้อ ทำให้แผนภูมิควบคุมบางส่วนเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด (False alarm) มากกว่าปกติ และบางแผนภูมิมีรูปแบบของจุดพล็อตที่ไม่เป็นเชิงสุ่มแต่ไม่ถูกพิจารณาว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม

- การกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม โดยส่วนใหญ่แนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมจะไม่มีการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา (Troubleshooting) ที่ชัดเจน แต่มีเพียงการแจ้งเตือนโดยระบบด้วยจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) ทำให้การหาสาเหตุและแก้ปัญหาทำได้ล่าช้าหรือไม่มีการดำเนินการใดๆ เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

- การทบทวนพิกัดควบคุม มีการกำหนดให้มีการทบทวนพิกัดควบคุมทุกไตรมาสหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการระบุไว้ในเอกสารการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษา อย่างไรก็ตามจากข้อบกพร่องของแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสง แสดงให้เห็นถึงช่องว่างระหว่างข้อกำหนดในเอกสารกับการปฏิบัติจริง คือ มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมจากสาเหตุพิเศษโดยไม่มีการค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้น หรือมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการแต่ไม่ได้มีการทบทวนพิกัดควบคุม

- การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมไม่ได้เป็นการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยตรง แต่เป็นการตรวจประเมินในระหว่างการตรวจประเมินระบบคุณภาพ เช่น การตรวจประเมินภายใน (Internal Audit) หรือการตรวจประเมินโดยลูกค้า (Customer Audit) ซึ่งเป็นการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยผิวเผิน ทำให้ไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงปัญหาจากแนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมได้

การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

- ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร ผู้บริหารไม่ได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสม ทำให้ขาดความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของการใช้งานแผนภูมิควบคุมและบทบาทของผู้บริหารที่จำเป็นต่อการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล เช่น ไม่ได้สนับสนุนหรือจัดการทรัพยากรที่เพียงพอในการค้นหาสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุม ไม่มีการทบทวนหรือกำหนดช่วงเวลาในการทบทวนการใช้งานแผนภูมิควบคุม และไม่ยินยอมให้มีการหยุดสายการผลิตในกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุมและต้องหยุดสายการผลิตตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสาร

- การฝึกอบรมแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษามีเพียงหลักสูตรสำหรับพนักงานรายเดือน เช่น วิศวกร ช่างเทคนิค หัวหน้างานฝ่ายผลิตเท่านั้น แต่ไม่มีหลักสูตรสำหรับผู้บริหารและพนักงานรายวันซึ่งเป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานในสายการผลิต (Operator) นอกจากนี้เนื้อหาของหลักสูตรสำหรับพนักงานรายเดือนยังเป็นเนื้อหาเดียวกันโดยไม่มีการจัดหลักสูตรให้มีความเหมาะสมกับหน้าที่ของแต่ละคนในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

- ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่สนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โรงงานกรณีศึกษามีระบบสำหรับเก็บข้อมูลและพล็อตแผนภูมิควบคุมโดยอัตโนมัติ และระบบแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม แต่ชนิดของแผนภูมิควบคุมบนระบบมีเพียง 3 ชนิด โดยไม่มีแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ ทำให้การใช้งานแผนภูมิควบคุมครอบคลุมพารามิเตอร์ที่

สำคัญเพียงบางส่วน การสร้างแผนภูมิควบคุมบนระบบสามารถทำได้โดยไม่มีการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

สรุปการศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน

จากความบกพร่องในการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษาที่สูงถึง 98.8% และหรือคิดเป็นจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย 1.94 ข้อบกพร่องต่อแผนภูมิ แสดงให้เห็นถึงความขาดประสิทธิผลจากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเพื่อควบคุมและลดความผันแปรของกระบวนการ ทั้งนี้เนื่องมาจากความบกพร่องหลายประการในหลายขั้นตอนของการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาและปรับปรุงแนวทางในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน และจัดทำเป็นคู่มือ เพื่อให้การนำแผนภูมิควบคุมไปใช้เกิดประสิทธิผลอย่างแท้จริง

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาคู่มือแนวทางในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลสำหรับโรงงานกรณีศึกษาที่ดำเนินธุรกิจประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 พัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานกับโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา 1 โรงงาน

1.5.2 นำเสนอตัวอย่างการนำคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานกับโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา 1 โรงงาน โดยใช้กับผลิตภัณฑ์หลักคือ ตัวส่งสัญญาณทางแสง

1.5.3 ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิผลก่อนและหลังการใช้คู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานกับโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา 1 โรงงาน โดยใช้กับผลิตภัณฑ์หลักคือ ตัวส่งสัญญาณทางแสง

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

คู่มือแสดงขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นแนวทางให้กับผู้ที่จะนำแผนภูมิควบคุมไปใช้สามารถดำเนินการได้อย่างเป็นระบบและลดความไม่เหมาะสมในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้
2) โรงงานอุตสาหกรรมสามารถนำแนวทางจากงานวิจัยนี้ไปเปรียบเทียบ (Benchmarking) กับการแนวทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อหาจุดปรับปรุงการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างเป็นระบบ
3) เป็นข้อมูลเสริมในการสอนและการอบรมในส่วนของแนวทางในใช้งานแผนภูมิควบคุมเพิ่มเติมจากการอบรมในส่วนทฤษฎีแผนภูมิควบคุม

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานจะแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ และเงื่อนไขสำคัญในการใช้งานแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิด
2) สำรวจงานวิจัย ทฤษฎี และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในหัวข้อการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน
3) สำรวจสภาพปัญหาการใช้งานแผนภูมิควบคุมในปัจจุบัน
4) พัฒนาคู่มือแนวทางในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล
5) นำคู่มือแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปใช้งาน
6) ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิผลหลังจากนำคู่มือแนวทางในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน
7) สรุปผลการวิจัย
8) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

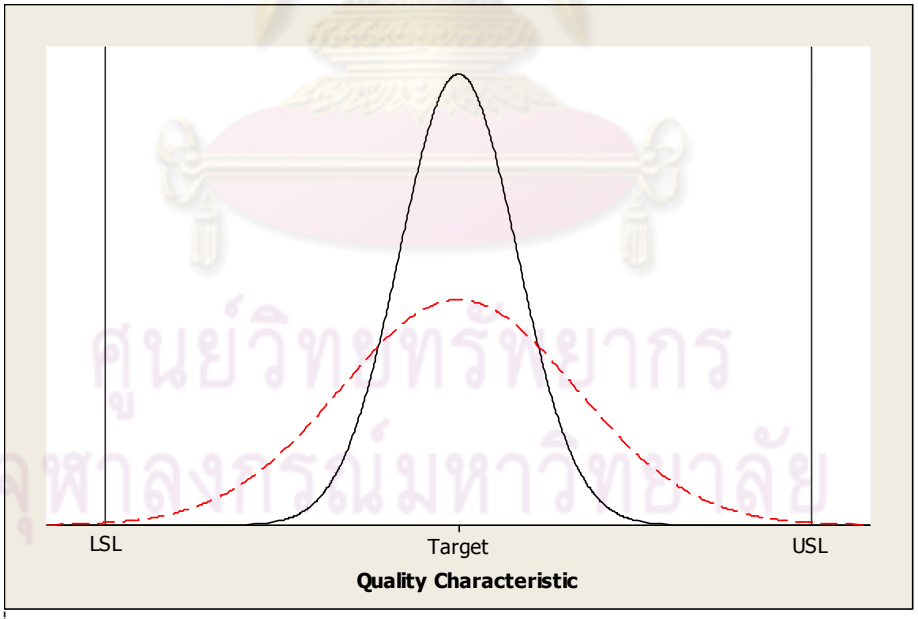
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

คุณภาพเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อสินค้าจากผู้ผลิต จากปริมาณสินค้าที่หลากหลายในปัจจุบัน ผู้บริโภคจึงเป็นผู้กำหนดการเลือกซื้อสินค้าตามความพึงพอใจของตน ผู้ผลิตที่จะสามารถอยู่รอดและทำกำไรได้ในธุรกิจจำเป็นต้องผลิตสินค้าที่มีคุณภาพให้เป็นที่พึงพอใจแก่ลูกค้า ลูกค้าย่อมพึงปรารถนาให้คุณลักษณะเชิงคุณภาพของสินค้าใดๆ ตรงกับค่าเป้าหมาย (Target) ที่ได้รับการออกแบบไว้ อย่างไรก็ตามความผันแปร (Variation) ในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Quality characteristic) ของผลิตภัณฑ์ หากคุณลักษณะเชิงคุณภาพมีการกระจายตัวที่แคบลงก็จะทำให้คุณลักษณะเชิงคุณภาพมีความใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายตามที่ลูกค้าต้องการมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าคุณภาพเป็นสิ่งที่แปรผกผันกับความผันแปรในกระบวนการผลิต (Montgomery, 2005)



รูปที่ 2.1 การกระจายตัวของคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Quality characteristic) ของผลิตภัณฑ์

การทำให้คุณลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงค่าเป้าหมาย ผู้ผลิตจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตโดยอาศัยการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(Statistical Process Control) ซึ่งเป็นวิธีการที่อาศัยเครื่องมือทางสถิติในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการว่ามีสาเหตุมาจากความผิดปกติหรือไม่ เพื่อดำเนินการค้นหาสาเหตุรากเหง้า (Root cause) แล้วกำจัดทิ้ง (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551) อันเป็นการนำไปสู่การลดความผันแปรคุณลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.1.2 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นหนึ่งในเครื่องมือหลักของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ที่ใช้ในการพิจารณาว่ากระบวนการมีความผันแปรอย่างผิดปกติหรือไม่ผ่านการตรวจจับและแยกสาเหตุพิเศษ (Special Cause) ออกจากสาเหตุธรรมดา (Common Cause) โดยใช้กลไกการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแผนภูมิควบคุมชนิดใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแผนภูมิควบคุมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้เท่านั้น

2.1.2.1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\overline{X}$ - R Chart)

เป็นแผนภูมิสำหรับข้อมูลผันแปร (Variable data) ที่มีการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย โดยใช้แผนภูมิค่าเฉลี่ยในการตรวจจับสาเหตุพิเศษระหว่างกลุ่มย่อย (Between Subgroup) และใช้แผนภูมิค่าพิสัยตรวจจับสาเหตุภายในกลุ่มย่อย (Within Subgroup)

จุดเด่นของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยคือ ง่ายในการคำนวณและตีความแผนภูมิควบคุม โดยในการตีความสามารถพิจารณาได้ทั้งจุดที่ออกนอกเส้นพิกัดควบคุมและรูปแบบ (Pattern) ของจุดที่ต่อเนื่องกัน สามารถตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลง (Shift) มากกว่า 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดี ประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมมีความทนทาน (Robust) ต่อข้อมูลที่ไม่กระจายตัวแบบปกติ (Non-normal Distribution) จากการใช้ทฤษฎีเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Limit Theorem)

จุดด้อยของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยคือ ขาดประสิทธิภาพในการตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยคือ น้อยกว่า 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และในกรณีที่ขนาดของกลุ่มย่อยเกินกว่า 10 ตัวอย่างแผนภูมิค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยจะขาดความถูกต้องในการตรวจจับสาเหตุพิเศษเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการกำหนดพิกัดควบคุมโดยการใช้ค่าพิสัยในการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

2.1.2.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$ - s Chart)

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยเกือบทุกประการ โดยมีส่วนที่แตกต่างคือ ในการตรวจจับสาเหตุภายในกลุ่มย่อย (Within Subgroup) จะใช้แผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแทน

แผนภูมิค่าพิสัย และการกำหนดพิกัดควบคุมจะใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

จุดเด่นและจุดด้อยของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อเทียบกับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยคือ มีความถูกต้องในการกำหนดพิกัดควบคุมมากกว่าในกรณีที่ขนาดของกลุ่มย่อยเกินกว่า 10 ตัวอย่าง (Montgomery, 2005) แต่การคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีความซับซ้อนกว่าการคำนวณค่าพิสัย และการทำให้พนักงานระดับปฏิบัติการเข้าใจความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้นทำได้ยากกว่าค่าพิสัยและแผนภูมิค่าพิสัย

2.1.2.3 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ (X–MR Chart)

เป็นแผนภูมิสำหรับข้อมูลผันแปร (Variable data) ที่มีการเก็บข้อมูลแบบตัวอย่างเดี่ยว (Individual) โดยแต่ละจุดในแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยว (X – Chart) จะเป็นค่าวัดจากตัวอย่างเพียง 1 ตัวอย่าง เนื่องจากข้อมูลแต่ละจุดมีเพียง 1 ตัวอย่างดังนั้นจึงไม่สามารถหาค่าพิสัยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ ดังนั้นการกำหนดเส้นพิกัดควบคุมจึงใช้ค่าพิสัยเคลื่อนที่ (Moving Range) เป็นตัวประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

จุดเด่นของแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวคือ มีความเหมาะสมในการใช้งานในกรณีดังต่อไปนี้

1) กระบวนการมีอัตราการผลิตต่ำมาก ทำให้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างชิ้นงานแต่ละชิ้นจากกระบวนการมีระยะเวลานานและโอกาสที่จะเกิดสาเหตุพิเศษระหว่างชิ้นงานมีสูง ดังนั้นการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลจึงไม่สามารถทำได้

2) ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยมีน้อยมากเมื่อเทียบกับความผันแปรระหว่างกลุ่มย่อย เช่น การกำหนดกลุ่มย่อยโดยการวัดค่าในชิ้นงานเดียวกันหลายๆ จุด

3) ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยมีน้อยมากและส่วนมากมาจากระบบการวัด เช่น กระบวนการผลิตสารเคมีที่มีการกำหนดกลุ่มย่อยเป็นสารเคมีที่ถูกผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน

4) มีการวัดและวิเคราะห์ค่าชิ้นงานทุกชิ้นในสายการผลิตด้วยระบบการวัดและบันทึกค่าอัตโนมัติ ทำให้ไม่จำเป็นต้องกำหนดกลุ่มย่อย

จุดด้อยของแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ คือ ขาดประสิทธิภาพในการตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย ค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (Average Run Length หรือ ARL) ในกรณีที่กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม (In-control) หรือ ARL_0 มีค่าต่ำกว่า 370 ที่เป็นค่ามาตรฐาน ทำให้มีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด (False Alarm) มากกว่าแผนภูมิควบคุมอื่นของ Shewhart และค่า ARL_0 จะยิ่งลดลงอย่างมากหากการข้อมูลไม่มีลักษณะเป็นกระจายตัวแบบปกติ นอกจากนี้การตีความจากแผนภูมิควบคุมพิสัย

เคลื่อนที่ (Moving-Range) ยังต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากแผนภูมิควบคุมพิสัยเคลื่อนที่นั้นเป็นแผนภูมิที่มีความสัมพันธ์ (Correlate) และไม่ได้ให้สารสนเทศที่จำเป็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความผันแปรของกระบวนการ (Montgomery, 2005)

2.1.2.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np Chart)

เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ (Attribute Data) ที่มีการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย โดยแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียจะแสดงสัดส่วนระหว่างจำนวนชิ้นงานเสียต่อชิ้นงานทั้งหมดในกลุ่มย่อย และแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียจะแสดงจำนวนชิ้นงานเสียในกลุ่มย่อย การพิจารณาว่ากระบวนการออกนอกการควบคุมหรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากจุดที่ออกนอกเส้นพิกัดควบคุม อย่างไรก็ตามการพิจารณารูปแบบ (Pattern) ของจุดที่ต่อเนื่องกันจะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อขนาดของกลุ่มย่อยมีขนาดเท่ากัน หรือสร้างแผนภูมิควบคุมที่มีสเกลมาตรฐาน (Standardized) โดยค่าของจุดบนแผนภูมิควบคุมจะอยู่ในหน่วยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่การสร้างแผนภูมิควบคุมที่มีสเกลมาตรฐานจะทำให้การทำความเข้าใจกับพนักงานปฏิบัติการทำได้ยากขึ้น

จุดเด่นของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียคือใช้ควบคุมกระบวนการแทนแผนภูมิควบคุมผันแปรในกรณีที่ชิ้นงานไม่สามารถทำการวัดเพื่อให้ข้อมูลผันแปรได้ แต่มีข้อมูลเชิงคุณลักษณะจากการตรวจสอบ มีความเหมาะสมในการใช้งานในกรณีที่พารามิเตอร์ที่เป็นค่าวัดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการมีจำนวนมากและความรู้ความเข้าใจในพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการยังมีน้อย ทำให้ไม่ทราบว่าควรจะใช้แผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร (Variable Control Charts) กับพารามิเตอร์ใด เช่น การผลิตที่มีผลิตภัณฑ์และกระบวนการใหม่ นอกจากนี้หากแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียอยู่ในสเกลปกติโดยไม่ได้ใช้สเกลมาตรฐาน ก็จะสามารถทำความเข้าใจและสื่อสารกับพนักงานปฏิบัติการและผู้บริหารได้ง่ายกว่าแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

จุดด้อยของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียคือ

เป็นการควบคุมเชิงแก้ไข (Corrective) เพราะการควบคุมกระบวนการดำเนินการโดยใช้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือผลลัพธ์ (Output) ของกระบวนการ ซึ่งแตกต่างจากแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปรที่สามารถใช้ควบคุมพารามิเตอร์ของกระบวนการที่เป็นปัจจัยนำเข้า (Input) ซึ่งเป็นการควบคุมเชิงป้องกัน (Preventive) สารสนเทศเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการที่ได้มีน้อยกว่าแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปรเนื่องจากข้อมูลที่ได้มีเพียงชิ้นงานดีและชิ้นงานเสีย ขาดประสิทธิภาพในการตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยต้องใช้จำนวนชิ้นงานมากกว่าในการที่จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่มีขนาด

เท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับแผนภูมิควบคุมผันแปร ทำให้ไม่เหมาะกับการควบคุมกระบวนการที่มีอัตราของเสียต่ำ

2.1.2.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วย (u Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ (c Chart)

เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ ที่มีการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย โดยแผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยจะแสดงสัดส่วนระหว่างจำนวนตำหนิของชิ้นงานทั้งหมดในกลุ่มย่อยต่อจำนวนชิ้นงานทั้งหมดในกลุ่มย่อย โดยขนาดของกลุ่มย่อยจะมีขนาดคงที่หรือไม่ก็ได้ และแผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิจะแสดงจำนวนตำหนิทั้งหมดของชิ้นงานในกลุ่มย่อย โดยขนาดของกลุ่มย่อยต้องมีขนาดคงที่

จุดเด่นและจุดด้อยของแผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยและแผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิเมื่อเทียบกับของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียคือ ให้สารสนเทศในการแก้ปัญหามากกว่าเนื่องจากข้อมูลชนิดของตำหนิของชิ้นงานสามารถทำการสืบกลับถึงสาเหตุได้ดีกว่าข้อมูลที่บ่งบอกเพียงชิ้นงานดีหรือเสีย แต่ต้องเก็บข้อมูลมากกว่าและต้องใช้แผนภูมิควบคุมมากกว่า 1 แผนภูมิ ในกรณีที่ใช้แผนภูมิควบคุมแยกตามชนิดของตำหนิหลักๆ หลายตำหนิ

2.1.2.6 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM Chart)

เป็นแผนภูมิสำหรับข้อมูลผันแปร (Variable data) ที่สามารถใช้กับการเก็บข้อมูลแบบตัวอย่างเดี่ยว (Individual) หรือแบบกลุ่มย่อยก็ได้ โดยสามารถเลือกค่าสถิติในการควบคุมได้ทั้งค่าเฉลี่ยและความผันแปร วิธีในการสร้างแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมมี 2 วิธีคือ วิธีอัลกอริทึม (Algorithmic) และวิธีหน้ากากตัววี (V-Mask) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีอัลกอริทึม เนื่องจากวิธีหน้ากากตัววีมีจุดด้อยหลายประการ คือ ไม่สามารถใช้วิธีการตอบสนองอย่างรวดเร็วในตอนเริ่ม (Fast Initial Response หรือ FIR) ได้ การตีความหมายของแผนภูมิควบคุมทำได้ยากกว่าและค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 และ 2 ไม่ชัดเจน (Montgomery, 2005: 405)

จุดเด่นของควบคุมผลรวมสะสมคือ สามารถตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลง (Shift) น้อยกว่า 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดีกว่าแผนภูมิข้อมูลผันแปรของ Shewhart

จุดด้อยของควบคุมผลรวมสะสมคือ ไม่สามารถพิจารณาสภาวะของกระบวนการโดยการตีความสามารถรูปแบบ (Pattern) ของจุดที่ต่อเนื่องกันได้เนื่องจากจุดที่ต่อเนื่องกันไม่เป็นอิสระต่อกัน การตรวจจับสาเหตุพิเศษเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในตอนเริ่มต้นทำได้ช้าเนื่องจากต้องรวมค่าจากหลายจุดต่อเนื่องก่อนที่จุดจะออกนอกเส้นพิกัดควบคุม ขาดประสิทธิภาพในการตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลง (Shift) มากกว่า

1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การคำนวณมีความซับซ้อนและการและการสร้างความเข้าใจให้กับพนักงานระดับปฏิบัติการทำได้ยากกว่าแผนภูมิข้อมูลผันแปรของ Shewhart เนื่องจากค่าของจุดบนแผนภูมิไม่ได้มีหน่วยเป็นค่าวัดของชิ้นงาน

2.1.2.7 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียล (Exponentially Weighted Moving Average หรือ EWMA Chart)

เป็นแผนภูมิสำหรับข้อมูลผันแปร (Variable data) ที่สามารถใช้กับการเก็บข้อมูลแบบตัวอย่างเดี่ยว (Individual) หรือแบบกลุ่มย่อยก็ได้ โดยสามารถเลือกค่าสถิติในการควบคุมได้ทั้งค่าเฉลี่ยและความผันแปร

จุดเด่นของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียลคือสามารถสามารถตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลง (Shift) น้อยกว่า 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดีกว่าแผนภูมิข้อมูลผันแปรของ Shewhart ประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมมีความทนทานต่อข้อมูลที่ไม่กระจายตัวแบบปกติแม้จะใช้กับการเก็บข้อมูลแบบตัวอย่างเดี่ยว

จุดด้อยของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียลคือไม่สามารถพิจารณาสภาวะของกระบวนการโดยการตีความสามารถรูปแบบ (Pattern) ของจุดที่ต่อเนื่องกันได้ ในกรณีที่ค่าคงที่สำหรับปรับเรียบ (Smoothing Constant) มีค่าต่ำจะมีผลกระทบจากความเฉื่อย (Inertia Effect) คือ เมื่อจุดล่าสุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิแต่กระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงในด้านที่ตรงข้าม จะต้องใช้ข้อมูลเพิ่มหลายจุดต่อเนื่องก่อนที่จุดจะออกนอกเส้นพิกัดควบคุมเนื่องจากการกำหนดค่าคงที่สำหรับปรับเรียบที่ต่ำทำให้น้ำหนักของข้อมูลใหม่น้อยขาดประสิทธิภาพในการตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการมีความเปลี่ยนแปลง (Shift) มากกว่า 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การคำนวณมีความซับซ้อนและการและการสร้างความเข้าใจให้กับพนักงานระดับปฏิบัติการทำได้ยากกว่าแผนภูมิข้อมูลผันแปรของ Shewhart เนื่องจากค่าของจุดบนแผนภูมิไม่ได้มีหน่วยเป็นค่าวัดของชิ้นงาน

2.1.2.8 แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ (Multiple-Stream Process)

โดยทั่วไปแล้วแผนภูมิควบคุม 1 แผนภูมิจะใช้ควบคุมกระบวนการหรือเครื่องจักรเพียง 1 กระบวนการหรือ 1 เครื่อง อย่างไรก็ตามในกระบวนการที่มีข้อมูลผันแปรของชิ้นงานจากหลายสายกระบวนการ เช่น สายการผลิตหลายสาย หรือจากเครื่องจักรหลายเครื่อง หากข้อมูลของแต่ละสายกระบวนการมีการกระจายตัวแบบปกติและมีความสัมพันธ์ที่เกือบสมบูรณ์ (Nearly perfectly correlated) ก็สามารถที่จะสร้างแผนภูมิควบคุมเพื่อที่จะควบคุมกลุ่มของกระบวนการหรือเครื่องจักรได้ แผนภูมิควบคุมกลุ่ม (Group Control Chart หรือ GCC) เป็นแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการพื้นฐานเนื่องจากมีความใกล้เคียงกับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย

ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจกับพนักงานระดับปฏิบัติการ โดย GCC จะประกอบด้วยแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าพิสัย การกำหนดเส้นกึ่งกลางและเส้นพิกัดควบคุมของ GCC สามารถคำนวณได้ดังนี้

แผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ย

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$
$$CL = \bar{\bar{x}}$$
$$LCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

โดยที่ $\bar{\bar{x}}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อยจากทุกๆ สายกระบวนการ

$\bar{R}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อยจากทุกๆ สายกระบวนการ

A_2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์แผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

แผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าพิสัย

$$UCL = D_4 \bar{R}$$
$$CL = \bar{R}$$
$$LCL = D_3 \bar{R}$$

โดยที่ $\bar{R}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อยจากทุกๆ สายกระบวนการ

D_3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์แผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

D_4 คือ ค่าสัมประสิทธิ์แผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

ในการสุ่มข้อมูลจากทุกสายกระบวนการในแต่ละครั้งจะมีการบันทึก (Plot) จุดลงในแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ย คือจุดของสายกระบวนการที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและจุดของสายกระบวนการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และบันทึกจุดของสายกระบวนการที่มีค่าพิสัยมากที่สุดและจุดของสายกระบวนการที่มีค่าพิสัยน้อยที่สุดลงบนแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าพิสัย โดยในการบันทึกจุดเหล่านี้ต้องมีเลขที่ของสายกระบวนการกำกับไว้ทุกครั้งเพื่อความสะดวกในการระบุสายกระบวนการที่ออกนอกการควบคุม หากจุดที่มีค่ามากที่สุดและจุดที่มีค่าน้อยที่สุดของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยอยู่ในเส้นพิกัดควบคุมแสดงว่าทุกสายกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม แต่หากจุดที่มีค่ามากที่สุดหรือจุดที่มีค่าน้อยที่สุดออกนอกเส้นพิกัดควบคุมแสดงว่าสายกระบวนการของจุดที่มีค่ามากที่สุดหรือจุดที่มีค่าน้อยที่สุดที่ออกนอกเส้นพิกัดควบคุมนั้นออกนอกการควบคุม และอาจจะมีบางสายกระบวนการที่มีค่าอยู่ระหว่างจุดที่ออกนอกพิกัดควบคุมนั้นออกนอกการควบคุม

ด้วย และหากทั้งจุดที่มีค่ามากที่สุดและจุดที่มีค่าน้อยที่สุดออกนอกเส้นพิกัดควบคุมในด้านเดียวกันแสดงว่าทุกสายกระบวนการออกนอกสภาวะควบคุม

นอกจากการพิจารณาจุดที่ออกนอกพิกัดควบคุมแล้ว หากสายกระบวนการใดมีจุดที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดบนแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ยหรือค่าพิสัยอย่างต่อเนื่องแสดงว่าสายกระบวนการนั้นน่าจะออกนอกการควบคุม

แม้การใช้แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการจะสามารถลดจำนวนแผนภูมิควบคุมได้โดยการควบคุมกลุ่มสายกระบวนการแทนการใช้แผนภูมิควบคุมหนึ่งแผนภูมิต่อหนึ่งกระบวนการ แต่ก็มีจุดด้อยหลายประการคือ การสุ่มข้อมูลจำเป็นต้องสุ่มจากทุกสายกระบวนการซึ่งยากในการปฏิบัติหากมีสายกระบวนการจำนวนมาก นอกจากนี้สารสนเทศที่ได้มีน้อยกว่าเนื่องจากไม่มีการบันทึกจุดของสายกระบวนการที่มีค่าอยู่ระหว่างจุดที่มีค่ามากที่สุดและจุดที่มีค่าน้อยที่สุด

2.1.2.9 แผนภูมิควบคุมนับสะสม (Cumulative Count Control Chart หรือ CCC Chart)

แผนภูมิควบคุมนับสะสมหรือแผนภูมิควบคุมจำนวนชิ้นงานระหว่างชิ้นงานเสีย (Chart for counts of units between rejects หรือ CBR Chart) ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย T. N. Goh ในปี 1987 โดยเป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะที่เป็นของเสีย เหมาะสำหรับการควบคุมกระบวนการที่มีสัดส่วนของเสียต่ำมาก เพราะการใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียในกรณีนี้จะขาดความเหมาะสมในทางปฏิบัติ เนื่องจากการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยต้องใช้ชิ้นงานจำนวนมากเพื่อให้ในแต่ละกลุ่มย่อยมีความน่าจะเป็นสูงที่จะพบชิ้นงานเสียอย่างน้อยกลุ่มละ 1 ชิ้นงาน หรือเพื่อให้มีโอกาส 50% ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่กำหนด หรือให้เส้นพิกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit หรือ LCL) มีค่ามากกว่าศูนย์

$$UCL = -\frac{Ln(\alpha/2)}{\bar{p}}$$

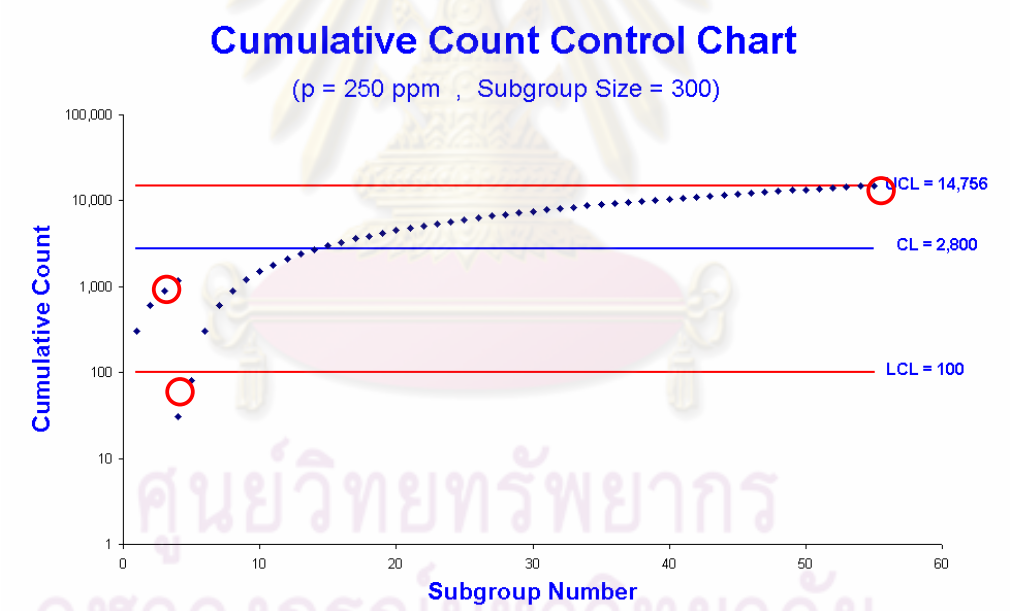
$$Center\ \ Line\ \ = \frac{0.7}{\bar{p}}$$

$$LCL = \frac{(\alpha/2)}{\bar{p}}$$

โดย α คือ ค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) ที่สามารถยอมรับได้และ $\bar{p}$ คือค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสียของกระบวนการ

จุดในแผนภูมิควบคุมนับสะสมจะแสดงจำนวนนับสะสมของชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีอย่างต่อเนื่องไปจนกว่าจะพบชิ้นงานเสีย จากรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมนับ

สะสมของกระบวนการที่มีสัดส่วนของเสีย 250 ppm และมีขนาดกลุ่มย่อยคือ ชิ้นงานจำนวน 300 ชิ้น ในกลุ่มย่อยที่ 1, 2 และ 3 ไม่พบชิ้นงานเสียดังนั้นจำนวนนับสะสมของชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีจึงเป็น 300, 600 และ 900 ตามลำดับ แต่ในกลุ่มย่อยที่ 4 พบชิ้นงานเสียที่ชิ้นที่ 269 ดังนั้นจำนวนนับสะสมจึงสิ้นสุดที่ 1169 ชิ้น ซึ่งอยู่ในพิกัดควบคุมจึงสรุปได้ว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม จากนั้นจึงเริ่มนับสะสมชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีใหม่โดยเริ่มจากชิ้นงาน 31 ชิ้นที่เหลือในกลุ่มย่อยที่ 4 ซึ่งเป็นจุดที่ 5 ในแผนภูมิควบคุม ในกลุ่มย่อยที่ 5 พบชิ้นงานเสียที่ชิ้นที่ 50 ดังนั้นจำนวนนับสะสมจึงสิ้นสุดที่ 81 ชิ้น ซึ่งออกนอกพิกัดควบคุมจึงสรุปได้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องหาสาเหตุพิเศษและดำเนินการแก้ไขให้กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม จากนั้นจึงเริ่มนับสะสมของชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีอย่างต่อต่อไป ในจุดสุดท้ายของแผนภูมิควบคุมจำนวนนับสะสมของชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีมีค่ามากกว่าพิกัดควบคุมบนแสดงถึงกระบวนการออกนอกการควบคุม แต่เป็นการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในทางที่ดีขึ้นดังนั้นผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องหาสาเหตุพิเศษเพื่อให้กระบวนการสามารถคงการเปลี่ยนแปลงที่ดีนี้ไว้ได้



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมนับสะสม

ในการพิจารณาสภาวะของกระบวนการนอกเหนือจากการพิจารณาจุดที่ออกนอกเส้นพิกัดควบคุมแล้ว หากจุดสิ้นสุดการนับในแผนภูมิควบคุมนับสะสมมีแนวโน้มอยู่ใกล้พิกัดควบคุมบนอย่างต่อเนื่อง แสดงว่ากระบวนการมีน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น หรือหากจุดสิ้นสุดการนับในแผนภูมิควบคุมนับสะสมมีแนวโน้มอยู่ใกล้พิกัดควบคุมล่างอย่างต่อเนื่อง แสดงว่ากระบวนการมีน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แย่ลง (Grant, 1996)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

องค์กรที่จะนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ให้ประสบความสำเร็จนอกจากจะต้องเข้าใจถึงทฤษฎีพื้นฐานของแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิดแล้วยังต้องทราบถึงปัจจัยแห่งความสำเร็จในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้และมีวิธีการการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้อย่างมีโครงสร้าง (Oakland, 2008) เพื่อให้เกิดประสิทธิผลและลดความไม่เหมาะสมในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสำคัญในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมและกรอบหรือแนวทางในการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

2.2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสำคัญในการนำการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปใช้ให้ประสบความสำเร็จ

อุมาวดี นุชนิยม (2547) Antony (2000) และ Montgomery (2005) ได้ระบุปัจจัยสำคัญในการนำการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปใช้ให้ประสบความสำเร็จ โดยปัจจัยหลักที่สอดคล้องในทุกเอกสารคือ การสนับสนุนจากฝ่ายบริหารซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่สุด การทำงานเป็นทีม และการฝึกอบรม นอกจากนี้ อุมาวดี นุชนิยม (2547) และ Antony (2000) ยังระบุปัจจัยสำคัญอื่นๆ ที่สอดคล้องกัน คือ การเลือกใช้แผนภูมิควบคุมอย่างถูกต้อง ระบบและเครื่องมือสนับสนุนการดำเนินการเช่น ระบบคอมพิวเตอร์และระบบเอกสาร การดำเนินโครงงานนำร่องในการใช้แผนภูมิควบคุม อย่างไรก็ตามเอกสารเหล่านี้ไม่ได้ระบุถึงการตรวจประเมินการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการดำเนินการการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติตามกรอบการดำเนินการของ Does (1997) และเป็นหนึ่งในข้อกำหนดในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติตามมาตรฐาน EIA 557-B ที่กำหนดให้มีการตรวจประเมินอย่างน้อยปีละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากการตรวจประเมินเป็นการตรวจสอบประสิทธิผลของการดำเนินการและยังช่วยบ่งชี้ถึงความบกพร่องและโอกาสในการปรับปรุง โดยการตรวจประเมินตามมาตรฐาน EIA 557-B นั้นเป็นการตรวจประเมินขอบเขต (Scope) และข้อกำหนดทั่วไปจำนวน 13 หัวข้อ คือ 1) ระบบคุณภาพโดยรวม 2) การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร 3) เอกสารระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 4) กระบวนการที่เป็นจุดวิกฤติ (Critical process node) 5) การประเมินความสามารถของระบบการวัด 6) การพิจารณาคุณลักษณะของกระบวนการที่เป็นจุดวิกฤติ 7) เอกสารระบบการควบคุม 8) การควบคุม On-line/Off-line 9) การฝึกอบรม 10) ระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของผู้ส่งวัตถุดิบ (Supplier) 11) การสอบเทียบเครื่องมือวัด 12) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 13) การตรวจประเมินด้วยตนเอง โดยมีคำถามมาตรฐานในการตรวจประเมินทั้งหมด 65 คำถาม

2.2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกรอบการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

2.2.2.1 กรอบการดำเนินการที่มุ่งเน้นขั้นตอนและวิธีการในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) ผานิต โอฬารรัตน์มณี (2543) เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย (2528) Feigenbaum (1991) Grant และ Leavenworth (1996) Juran (2000) Montgomery (2005) ได้กำหนดกรอบในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานโดยมุ่งเน้นที่ขั้นตอนและวิธีการคือ การกำหนดกระบวนการและคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่ต้องการควบคุม การพิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสม การกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล (rational subgroup) การคำนวณเส้นกึ่งกลาง (Center Line) และเส้นพิกัดควบคุม (Control Limit) การตีความหมายแผนภูมิควบคุม การกำหนดขั้นตอนปฏิบัติเมื่อจุดออกนอกเส้นพิกัดควบคุม การทบทวนเส้นพิกัดควบคุม นอกจากนี้ยังได้เสนอให้มีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์และซอฟท์แวร์ช่วยในการคำนวณและเก็บข้อมูล (Montgomery, 2005) และใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกแผนภูมิควบคุม (ผานิต โอฬารรัตน์มณี, 2543) อย่างไรก็ตามเอกสารและงานวิจัยเหล่านี้ไม่ได้ระบุถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดและการจัดการการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมคือ การจัดตั้งทีมงาน การฝึกอบรม การสนับสนุนจากฝ่ายบริหารและการตรวจประเมินการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน แต่ขั้นตอนและการจัดการเหล่านี้ได้ถูกระบุไว้ในงานวิจัยของ Antony และ Taner (2003) Does, Schippers และ Trip (1997) Kumar และ Motwani (1996) ซึ่งเป็นกรอบการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้โดยผสานการจัดการและขั้นตอนวิธีการ และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติคือ มาตรฐาน ANSI/IPC-9191 และ EIA 557-B

2.2.2.2 กรอบการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้โดยผสานการจัดการและขั้นตอนวิธีการ

Antony และ Taner (2003) Does et al. (1997) Kumar และ Motwani (1996) ได้เสนอกรอบในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการคือ

การจัดตั้งทีมงาน งานวิจัยทั้ง 3 งานได้เสนอให้มีการจัดตั้งทีมงานในการนำการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปใช้ โดย Does et al. (1997) ได้เสนอให้จัดตั้งทีมงาน 2 ระดับ คือ ระดับคณะกรรมการ (Steering Committee) ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกคือผู้จัดการแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและที่ปรึกษาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และระดับทีมงานปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกคือ วิศวกรกระบวนการ วิศวกรซ่อมบำรุง ลูกค้าภายใน หัวหน้าสายการผลิต (Supervisor) พนักงานปฏิบัติการ และผู้เชี่ยวชาญการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยระดับ

คณะกรรมการมีหน้าที่เริ่มต้น ส่งเสริม ให้วิธีการ กำกับดูแล และรายงานสถานะและผลการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติขององค์กรต่อฝ่ายบริหาร ส่วนระดับทีมงานปฏิบัติการมีหน้าที่ในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติเพื่อให้กระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของทีมงานอยู่ในสภาวะควบคุม

การฝึกอบรม Antony (2003) Kumar และ Motwani (1996) ได้เสนอให้การฝึกอบรมเริ่มต้นในระดับผู้บริหารระดับสูงเป็นลำดับแรก เพื่อให้ผู้บริหารระดับสูงมีความเข้าใจและสนับสนุนการดำเนินการและขยายการฝึกอบรมไปตามลำดับชั้นขององค์กรจนถึงพนักงานในระดับปฏิบัติการ (Operator)

การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร ฝ่ายบริหารมีหน้าที่ในการสนับสนุนการดำเนินการเพื่อเอาชนะแรงต้าน 4 ประเภทคือ 1) แรงต้านทางเทคนิค คือการขาดความรู้ความเข้าใจในเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ สามารถแก้ไขโดยการให้การฝึกอบรมที่เพียงพอและต่อเนื่อง 2) แรงต้านทางการเมือง (Political) จากความคิดว่าการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติจะก่อให้เกิดผลเสีย สามารถแก้ไขโดยการสร้างความเข้าใจถึงความจำเป็นของการเปลี่ยนแปลงและประโยชน์ที่จะได้รับจากการเปลี่ยนแปลง 3) แรงต้านจากรายบุคคล สามารถแก้ไขได้โดยการจัดการภาระงานของแต่ละบุคคล 4) แรงต้านในระดับหน่วยงานซึ่งเกิดจากทัศนคติของคนในหน่วยงาน สามารถแก้ไขได้โดยการสื่อสารกับผู้บริหารของหน่วยงานในเรื่องประโยชน์ของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Antony, 2003) นอกจากนี้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติควรดำเนินการเป็นโครงงาน (Project) และนำเสนอโครงงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในแต่ละกระบวนการแก่ผู้บริหารเพื่ออนุมัติก่อนการดำเนินการ (Kumar and Motwani,1996) เพื่อให้แน่ใจว่าผู้บริหารได้รับทราบและให้การสนับสนุนการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในกระบวนการนั้นๆ

การตรวจประเมินการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน โดยทีมงานปฏิบัติการจะถูกตรวจประเมินโดยคณะกรรมการการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติด้วยใบตรวจสอบมาตรฐานเป็นประจำทุกปี (Does et al., 1997)

ถึงแม้ว่างานวิจัยของ Kumar และ Motwani (1996) Does et al. (1997) Antony และ Taner (2003) จะมีการกำหนดกรอบในการจัดการการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีส่วนที่ยังไม่ได้กล่าวถึงในงานวิจัยคือ การจัดทำระบบเพื่อสนับสนุนการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน เช่น เอกสาร การบันทึกและการเก็บรักษาข้อมูล รูปแบบการฝึกอบรมซึ่งมีความแตกต่างกันตามระดับและหน้าที่ของบุคลากรในองค์กร หัวข้อในการตรวจประเมินการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน

2.2.2.3 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้

Association Connecting Electronics Industries (IPC) ได้ระบุแนวทางในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไว้ในมาตรฐาน ANSI/IPC-9191 โดยแนวทางที่เป็นจุดเด่น คือ กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนและการประเมินผลประโยชน์จากการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในรูปของการเงินจากการประเมินต้นทุนคุณภาพ การจัดการเชิงกลยุทธ์ด้วยการกำหนดกรอบในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน การสร้างสภาวะสำหรับการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติซึ่งประกอบด้วย การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร การสร้างความเข้าใจในเครื่องมือและวิธีการในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และการมีระบบคุณภาพภายในองค์กร นอกจากนี้ยังได้แบ่งพารามิเตอร์ที่จะควบคุมออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Final Product Parameter) 2) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการ (In-Process Product Parameter) 3) พารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter) โดยการควบคุมกระบวนการถือเป็นเป้าหมายหลักในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Association Connecting Electronics Industries (IPC), 1999) อย่างไรก็ตามเนื่องจากมาตรฐาน ANSI/IPC-9191 เป็นมาตรฐานที่ให้แนวทางในการดำเนินการสำหรับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติซึ่งเป็นแนวทางที่กว้างกว่าการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน ดังนั้นในส่วนของขั้นตอนและวิธีการต่างๆ ในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้จึงไม่ได้มีการระบุไว้อย่างชัดเจน

Government Electronics and Information Technology Association ได้ระบุข้อกำหนดสำหรับระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติเพื่อให้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติดำเนินไปอย่างมีประสิทธิผลในมาตรฐาน EIA 557-B จุดเด่นของมาตรฐาน EIA 557-B คือ การกำหนดให้ระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมีความสอดคล้องกับระบบจัดการคุณภาพขององค์กรเช่น ISO9000 เพื่อให้สามารถทำการตรวจประเมินได้ การจัดทำเอกสารระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและระบบการบันทึกและการเก็บรักษาข้อมูลเพื่อสนับสนุนการควบคุมกระบวนการทางสถิติ การระบุกระบวนการและพารามิเตอร์ควบคุมโดยใช้เทคนิคคิวเอฟดี การวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ การจัดหลักสูตรการฝึกอบรมให้เหมาะสมกับหน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลและครอบคลุมทุกเทคนิคที่ใช้งาน การสนับสนุนให้ผู้ส่งมอบมีการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่สอดคล้องกับมาตรฐาน และการตรวจประเมินระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติภายในอย่างน้อยปีละครั้ง โดยในมาตรฐาน EIA 557-B จะประกอบด้วยใบตรวจสอบ (Checklist) ซึ่งมีหัวข้อในการตรวจสอบตามข้อกำหนดเพื่อใช้ในการตรวจประเมินให้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมีความสอดคล้องกับ

มาตรฐาน (Government Electronics and Information Technology Association (GEIA), 2006) อย่างไรก็ตามมาตรฐาน EIA 557-B นั้นเป็นการระบุข้อกำหนดของระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติจึงไม่ได้ให้รายละเอียดของขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแต่อย่างใด

2.2.3 สรุปการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ไม่มีเอกสารและงานวิจัยใดที่มีแนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผลอยู่อย่างครบถ้วน กรอบการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่มีอยู่นั้นมุ่งเน้นขั้นตอนและวิธีการเชิงเทคนิคในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานเป็นหลัก แต่ยังขาดในส่วนของการจัดการและการตรวจประเมินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้อย่างมีประสิทธิผล ส่วนมาตรฐาน ANSI/IPC-9191, EIA 557-B และกรอบการดำเนินการที่ผสมผสานการจัดการและขั้นตอนวิธีการนั้นเป็นกรอบการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ซึ่งการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานถือเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ทำให้มาตรฐานและกรอบการดำเนินการนั้นเพียงให้แนวทางในเชิงกว้างแต่ไม่ได้ระบุขั้นตอนและวิธีการต่างๆ ในการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้อย่างชัดเจน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล โดยประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการ แนวทางการจัดการ ตลอดจนการตรวจประเมิน เพื่อให้สามารถนำไปเป็นหลักในการปฏิบัติได้

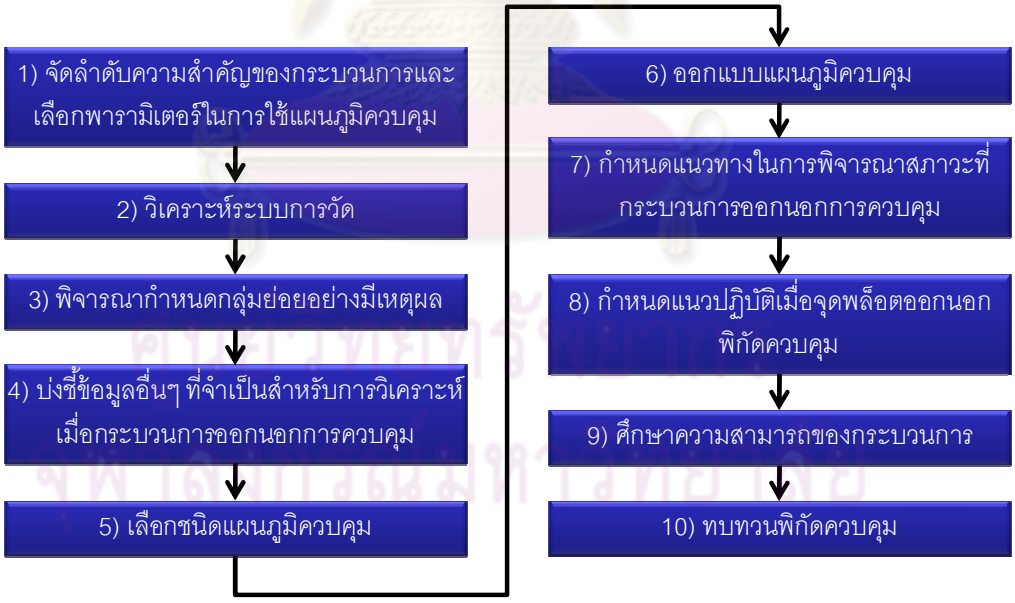
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

ความบกพร่องของแผนภูมิควบคุมที่พบในโรงงานกรณีศึกษา เกิดจากความบกพร่องของวิธีการและขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.3 นั้นจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุง อย่างไรก็ตามจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ไม่มีเอกสารและงานวิจัยใดที่มีแนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างครบถ้วน แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นและวิธีการดำเนินการวิจัยของงานวิจัยนี้ที่จะต้องรวบรวมและพัฒนาแนวทางจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อให้ได้แนวทางที่ทำให้การใช้งานแผนภูมิเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล

3.1 ขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษา งานวิจัยนี้ได้เสนอขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลเป็น 10 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

ความสำคัญและความจำเป็นของแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิ

ในการตัดสินใจใช้แผนภูมิควบคุมกับพารามิเตอร์ใดๆ ผู้ควบคุมกระบวนการต้องสามารถตอบได้ว่ากระบวนการและพารามิเตอร์นั้นๆ มีความสำคัญและมีผลกระทบอย่างไรต่อคุณลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์ จึงต้องถูกควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม แต่ในกรณีของโรงงานกรณีศึกษานั้นผู้ควบคุมกระบวนการยังตอบคำถามนี้ได้ไม่ชัดเจน เพราะมีหลายพารามิเตอร์ที่มีการใช้แผนภูมิควบคุมเพียงเพราะได้รับคำร้องขอจากลูกค้าแต่ไม่สามารถตอบคำถามนี้ได้ นอกจากนี้พารามิเตอร์ที่ควบคุมยังขาดความครอบคลุมและมีความซ้ำซ้อน ดังนั้นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในขั้นตอนนี้นั้นมีอยู่น้อย คือ งานวิจัยของ Xie M., Goh และ Xie W. (1995: 260-261) และ Goh, Xie M., และ Xie W. (1998: 67-68) ซึ่งเป็นการเสนอวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยพิจารณาจากความวิกฤติเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤติเชิงสถิติ (Statistical criticality) และจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการโดยการเปรียบเทียบกระบวนการที่ละคู่ (Pair-wise comparison) ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process หรือ AHP) วิธีการของ Xie M., Goh และ Xie W. (1995: 260-261) และ Goh, Xie M., และ Xie W. (1998: 67-68) นี้เป็นวิธีการในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการเท่านั้น จึงไม่ครอบคลุมถึงการเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม นอกจากนี้วิธีการนี้อาจจะไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนเป็นจำนวนมาก เพราะหากจัดลำดับความสำคัญโดยใช้ AHP ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบทีละคู่นั้นก็จะทำให้มีคู่ของกระบวนการที่ต้องเปรียบเทียบเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม เพื่อให้ทรัพยากรในการควบคุมกระบวนการที่มีอยู่อย่างจำกัด ถูกนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการและพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากที่สุดก่อนแล้วจึงขยายไปสู่กระบวนการและพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญรองลงไปตามลำดับ และป้องกันไม่ให้มีการใช้แผนภูมิควบคุมกับพารามิเตอร์ที่ซ้ำซ้อนกัน

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ระบบการวัด

หลังจากที่ได้จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม การวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นขั้นตอนที่จำเป็นดำเนินการในลำดับถัดมาเนื่องจากการดำเนินการในขั้นตอนหลังจากนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัด และหากระบบการวัดมีความบกพร่องก็จะทำให้การดำเนินการภายหลังนี้เกิดความผิดพลาดได้

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

กำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอนถัดมาที่ต้องดำเนินการก่อนตัดสินใจเลือกแผนภูมิที่จะนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ เพราะการเลือกและออกแบบแผนภูมิควบคุมให้มีความสอดคล้องกับคุณลักษณะของข้อมูลและกระบวนการและสามารถแยกสาเหตุพิเศษออกจากสาเหตุธรรมดาได้นั้น จำเป็นต้องทำความเข้าใจในกระบวนการและข้อมูลผ่านการพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล จากปัญหาในการใช้แผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา คือ มีจุดออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข จุดบนแผนภูมิควบคุมอยู่ด้านบนหรือด้านล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด และจุดบนแผนภูมิควบคุม R, s หรือ MR อยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแผนภูมิควบคุมถูกเลือกและออกแบบโดยไม่ได้มีการพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ได้นำความผิดพลาดที่พบทั่วไปในการกำหนดกลุ่มย่อย และหลักการในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ มาเรียบเรียงและกำหนดข้อพิจารณาในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลโดยให้มีความสอดคล้องกับประเด็นคำถามที่มักจะพบในการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลและหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ขั้นตอนที่ 4 บ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

การใช้แผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา ไม่ได้มีการบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ทำให้ผู้ควบคุมกระบวนการขาดข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์หาสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นกับกระบวนการ ทำให้ไม่สามารถค้นหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที ดังจะเห็นได้จากปัญหาในการใช้แผนภูมิควบคุมคือ จุดออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข ดังนั้นการบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงเป็นขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องถูกเก็บควบคู่ไปกับข้อมูลของพารามิเตอร์ที่นำมาพล็อตในแผนภูมิควบคุม

ขั้นตอนที่ 5 เลือกชนิดแผนภูมิควบคุม

โดยปกติแล้วแนวทางในการเลือกชนิดแผนภูมิควบคุมซึ่งระบุในเอกสารและงานวิจัยต่างๆ จะพิจารณาจากประเภทของข้อมูล ขนาดของกลุ่มย่อย และขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับ ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาได้ใช้แนวทางเช่นนี้ในการเลือกแผนภูมิควบคุม โดยมี

แผนภูมิที่สามารถเลือกใช้ได้คือ $\overline{X}$ - R, $\overline{X}$ - s, X–MR, pre-contol, p, np อย่างไรก็ตามการเลือกแผนภูมิควบคุมตามแนวทางเช่นนี้ ไม่ได้มีการพิจารณาถึงความสามารถในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลซึ่งอาจจะทำให้เลือกแผนภูมิที่ขาดความเหมาะสมได้ นอกจากนี้ชนิดของแผนภูมิที่ระบุไว้ในแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมก็มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ไม่สามารถตอบสนองกับลักษณะของข้อมูล และกระบวนการที่มีความหลากหลายของโรงงานกรณีศึกษาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมที่ครอบคลุมทั้งการผลิตในระยะสั้นและระยะยาวตลอดจนกระบวนการที่มีหลายสายกระบวนการ โดยมีการนำความสามารถในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลและข้อพิจารณาในการเลือกแผนภูมิควบคุมต่างๆ มาพิจารณาเพื่อให้มีชนิดของแผนภูมิควบคุมที่ครอบคลุมกับการใช้งานจริง และสามารถเลือกแผนภูมิที่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการของโรงงานกรณีศึกษาได้

ขั้นตอนที่ 6 ออกแบบแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมแต่ละแผนภูมิจำเป็นต้องได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม โดยมีขั้นตอนคือ กำหนดรูปแบบของแผนภูมิควบคุมให้มีสารสนเทศอื่นๆ ที่จำเป็น เก็บข้อมูลตามการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลดังที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมและกำหนดเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุม พล็อตค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมลงบนแผนภูมิควบคุม

ขั้นตอนที่ 7 กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม

ในการเลือกใช้กฎข้อใดในการการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม ผู้ควบคุมกระบวนการต้องสามารถชี้แจงได้ว่าทำไมจึงเลือกใช้กฎข้อนั้นๆ การใช้กฎที่ไม่เหมาะสมจะทำให้การตัดสินสภาวะของกระบวนการเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมว่ากฎแต่ละข้อนั้นสามารถใช้กับแผนภูมิชนิดใดได้บ้าง และกฎแต่ละข้อนั้นควรจะใช้ตรวจจับสาเหตุพิเศษลักษณะใด

ขั้นตอนที่ 8 กำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม

การใช้แผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษานั้นไม่ได้มีการบังคับให้จัดทำแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม (Out of control action plan หรือ OCAP) ทำให้หลายแผนภูมิไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม แผนภูมิควบคุมที่ไม่มี OCAP นั้นเป็นเพียงแผนภูมิที่แสดงสภาวะของกระบวนการเท่านั้น ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีความสำคัญ และจำเป็นต้องมีการบังคับให้มีการจัดทำ OCAP สำหรับทุกแผนภูมิโดยอาจ

ดำเนินการจัดทำควบคู่ไปในระหว่างการกำหนดพิกัดควบคุมทดลอง แต่ต้องจัดทำให้แล้วเสร็จก่อนที่จะนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ในระยะยาว

ขั้นตอนที่ 9 ศึกษาความสามารถของกระบวนการ

งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีการศึกษาความสามารถของกระบวนการโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกับแผนภูมิควบคุม เพื่อให้ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถเข้าใจถึงความผันแปรภายในและระหว่างกลุ่มย่อยตลอดจนโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายหลักในการใช้แผนภูมิควบคุมคือ การลดความผันแปรของกระบวนการ ทั้งนี้สำหรับโรงงานกรณีศึกษานั้นข้อมูลที่นำมาพล็อตแผนภูมิควบคุมยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการ ทำให้แผนภูมิควบคุมไม่ได้ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการการลดความผันแปรของกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 10 ทบทวนพิกัดควบคุม

การกำหนดแนวทางในการทบทวนพิกัดควบคุมเป็นสิ่งที่จำเป็นในการใช้งานแผนภูมิควบคุม เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการแยกแยะสาเหตุพิเศษออกจากสาเหตุธรรมดา ในกรณีของโรงงานกรณีศึกษาได้กำหนดให้ทบทวนพิกัดควบคุมเป็นรายไตรมาส หรือเมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลง แต่ยังคงพบปัญหาคือการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุ ทำให้พิกัดควบคุมอาจถูกปรับเนื่องจากสาเหตุพิเศษ ทำให้แผนภูมิไม่สามารถแยกแยะสาเหตุพิเศษออกจากสาเหตุธรรมดาได้

สรุปขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

โดยทั่วไปแล้วการใช้งานแผนภูมิควบคุมมักจะเน้นไปที่การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม การออกแบบแผนภูมิควบคุม การกำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม ซึ่งเป็นเพียงการดำเนินการในขั้นตอนที่ 5-7 เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้มีแผนภูมิควบคุมตามข้อกำหนดของระบบประกันคุณภาพ อย่างไรก็ตามการดำเนินการในลักษณะนี้มักจะก่อให้เกิดปัญหาจากการใช้งานแผนภูมิควบคุมในภายหลัง การใช้แผนภูมิควบคุมให้เกิดประสิทธิผลนั้นจำเป็นต้องมีการดำเนินการในขั้นตอนอื่นๆ เพิ่มเติมและดำเนินการขั้นตอนทั้งหมดอย่างบูรณาการ งานวิจัยนี้ได้เสนอขั้นตอน 10 ขั้นในการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยมีการวางแผนและตัดสินใจใช้แผนภูมิควบคุมอย่างเป็นระบบในขั้นตอนที่ 1 แล้วจึงเตรียมความพร้อมและทำความเข้าใจในตัวกระบวนการในขั้นตอนที่ 2-4 ก่อนการเลือก ออกแบบและใช้งานแผนภูมิควบคุมในขั้นตอนที่ 5-7 จากนั้นจึงนำสารสนเทศที่ได้จากการใช้งานแผนภูมิควบคุมมาปรับปรุงกระบวนการและการใช้งานแผนภูมิควบคุมต่อไปในขั้นตอนที่ 8-10 อย่างไรก็ตามการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1-10 นี้อาจจะ

ไม่ได้เป็นการดำเนินการแบบครั้งเดียวจบ หรือเป็นการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่ตายตัว แต่อาจจะต้องมีการทำซ้ำในบางขั้นตอนหลายครั้งเพื่อให้การใช้แผนภูมิควบคุมบรรลุวัตถุประสงค์ในการลดความผันแปรของกระบวนการ ทั้งนี้รายละเอียดและวิธีการในการดำเนินงานตามขั้นตอนที่ 1-10 มีรายละเอียดตามหัวข้อที่ 3.2-3.11 ดังนี้

3.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

3.2.1 ความจำเป็นในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

Does et al. (1997) ได้เสนอให้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมีการดำเนินการเป็นโครงการนำร่อง (Pilot Study) ทีละกระบวนการแทนที่จะดำเนินการพร้อมๆ กันทั้งหมด เมื่อนำแนวคิดนี้มาเปรียบเทียบกับการปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมจะพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมหลายๆ แห่งรวมทั้งโรงงานกรณีศึกษามีการปฏิบัติที่ตรงข้ามกับแนวคิดนี้ คือ เริ่มต้นใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยการสร้างแผนภูมิควบคุมขึ้นมาพร้อมๆ กันเป็นจำนวนมาก เพื่อควบคุมพารามิเตอร์และกระบวนการหลายๆ กระบวนการไปพร้อมกัน ทั้งนี้เพราะมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณและพล็อตแผนภูมิควบคุม ทำให้การสร้างหรือพล็อตแผนภูมิควบคุมสามารถทำได้อย่างสะดวกรวดเร็ว อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานไม่ใช่การสร้างหรือพล็อตแผนภูมิควบคุมแต่อยู่ที่ทรัพยากรอันจำกัดในการดำเนินการเมื่อมีจุดออกนอกพิกัดควบคุม การสร้างแผนภูมิควบคุมจำนวนมากโดยขาดความตระหนักถึงทรัพยากรที่มีอยู่จะทำให้การดำเนินการเมื่อมีจุดออกนอกพิกัดควบคุมเป็นไปอย่างล่าช้าไม่ทันการหรือขาดประสิทธิภาพหรือไม่มีการดำเนินการใดๆ เลย และในที่สุดแล้วการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมีลักษณะเป็นดังที่ Dasgupta (2003) ได้ระบุไว้คือ แผนภูมิควบคุมจำนวนมากถูกใช้เป็นเพียงรายงานแสดงสภาวะคุณภาพของกระบวนการผลิตเท่านั้น ซึ่งไม่ตรงกับวัตถุประสงค์หลักในการใช้แผนภูมิควบคุมดังที่ Montgomery (2005: 311) ได้ระบุไว้ว่า “แผนภูมิควบคุมไม่ควรถูกใช้เป็นเพียงเครื่องมือในการสังเกตความผิดปกติของกระบวนการเพียงเท่านั้น แต่ควรใช้เป็นเครื่องมือในการลดความผันแปรของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง”

ในกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนและมีขั้นตอนการผลิตมากมายหลายขั้นตอน เพื่อให้แน่ใจว่าการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล จึงควรดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นโครงการ (Project base) โดยจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและทรัพยากรที่มีอยู่

3.2.2 ประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์พารามิเตอร์ที่ต้องดำเนินการควบคุมนั้นมีเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์มีความชัดเจนและมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางในการแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IPC-9191 มาใช้โดยแบ่งพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติเป็น 3 ประเภท คือ

1) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Final Product Parameter หรือ FPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพตามพิกัดข้อกำหนดหรือสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จสิ้นแล้วที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า

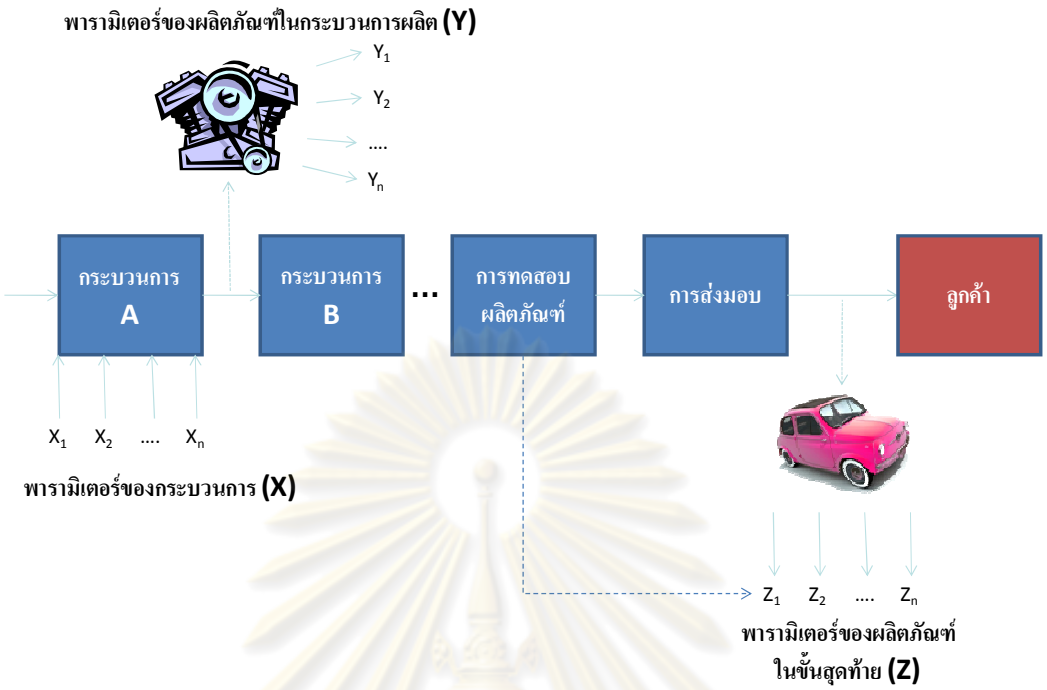
2) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต (In-process Product Parameter หรือ IPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการผลิตหรือการแปรรูป

3) พารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter หรือ PP) คือ ตัวแปรหรือปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการผลิตที่มีผลต่อลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของกระบวนการผลิตรถยนต์ ในกรณีนี้รถยนต์คือผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตส่งมอบให้กับลูกค้าดังนั้นลักษณะคุณภาพตามพิกัดข้อกำหนดหรือสมรรถนะของรถยนต์ เช่น แรงม้า, อัตราเร่ง, ความเรียบของการพ่นสี ฯลฯ ก็คือ FPP (Z_n) ซึ่งผู้ผลิตจะต้องดำเนินการควบคุมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า

รถยนต์ 1 คันจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนจำนวนมาก ชิ้นส่วนเหล่านี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องยนต์ ลักษณะคุณภาพของเครื่องยนต์ที่อยู่ระหว่างกระบวนการผลิต เช่น ขนาดความกว้างของกระบอกลูกสูบ ความหนาของฝาสูบ ฯลฯ ถือเป็น IPP (Y_n) ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับ FPP (Z_n) เช่น แรงม้า, อัตราเร่งของรถยนต์ เป็นต้น การควบคุมการผลิตให้ความกว้างของกระบอกลูกสูบเป็นไปตามพิกัดข้อกำหนด จำเป็นต้องควบคุม PP (X_n) เช่น ความเร็วรอบ, ตำแหน่ง, หรือความลึกของการเจียรผิวโลหะด้วยเครื่องเจียรเป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

หากพิจารณาประสิทธิผลของการควบคุมกระบวนการแล้วการควบคุมกระบวนการผ่าน FPP จะมีประสิทธิผลน้อยที่สุด เนื่องจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการรับรู้ถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายแล้วเท่านั้น นอกจากนี้การค้นหาสาเหตุของความผิดปกติจะมีความยากลำบากและใช้เวลานาน เพราะปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายนั้นมักจะมีอยู่เป็นจำนวนมากและอาจจะเกิดจากกระบวนการผลิตก่อนหน้าหลายกระบวนการ ทำให้ต้องใช้เวลานานก่อนที่จะค้นพบสาเหตุของปัญหา

ในเชิงอุดมคติของการควบคุมกระบวนการ การควบคุมกระบวนการผ่าน PP ที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ IPP และ FPP จะเป็นการควบคุมที่มีประสิทธิผลมากที่สุด เพราะเป็นการควบคุมปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถตอบสนองและแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วกว่าและอาจจะสามารถแก้ไขปัญหาได้ก่อนที่ความผิดปกติจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ประสิทธิผลจากการควบคุมกระบวนการผ่าน PP จะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง PP ที่มีต่อ IPP และ FPP โดยอาศัยความรู้ทางด้านวิศวกรรมและเครื่องมือทางสถิติ

Montgomery (2005: 312) ได้กล่าวถึงพัฒนาการในการใช้งานแผนภูมิควบคุมว่า “ในตอนเริ่มต้นใช้แผนภูมิควบคุม เราจะพบว่าแผนภูมิควบคุมส่วนใหญ่จะถูกใช้กับผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายหรือผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต เมื่อเรามีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการมากขึ้น แผนภูมิ

ควบคุมเหล่านี้จะถูกแทนที่ด้วยแผนภูมิควบคุมของกระบวนการก่อนหน้าโดยเป็นการควบคุมที่พารามิเตอร์ของกระบวนการ" หรือโดยสรุปคือ ยิ่งสามารถควบคุมกระบวนการก่อนหน้าได้เท่าไรก็ยิ่งดี ทั้งนี้สามารถรวมไปถึงการควบคุมกระบวนการของผู้ส่งมอบด้วยก็ได้

3.2.3 ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

จากการแบ่งประเภทของพารามิเตอร์เป็น FPP, IPP และ PP จะเห็นว่าการเลือกประเภทของพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมจะมีความสอดคล้องกับพัฒนาการในการใช้งานแผนภูมิควบคุมตามที่ Montgomery (2005) กล่าวไว้ คือ พัฒนาจากการควบคุม FPP ไปสู่ IPP และ PP ตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมตามลำดับพัฒนาการของพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

รายละเอียดของวิธีการตามขั้นตอนที่ 1-4 มีดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

ผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนและมีชิ้นส่วนย่อยจำนวนมากมักจะมี FPP ตามข้อกำหนดเฉพาะเป็นจำนวนมากเช่นกัน การกำหนดระดับความสำคัญของพารามิเตอร์จะช่วยให้การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีขั้นตอนและสอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอยู่ และทำให้มั่นใจได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญที่สุดจะได้รับการควบคุมก่อน

งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดจาก Xie M., Goh และ Xie W. (1995: 260-261) และ Goh, Xie M., และ Xie W. (1998: 67-68) ในส่วนของการกำหนดค่าความวิกฤติเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤติเชิงสถิติ (Statistical criticality) มาปรับใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของ FPP โดยใช้การกำหนดค่าความวิกฤติเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤติเชิงสถิติ (Statistical criticality) เป็นตัวกำหนดค่าระดับความสำคัญของ FPP เพื่อจัดลำดับความสำคัญของ FPP ก่อนที่จะพิจารณา IPP และ PP ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนถัดไป

การกำหนดระดับความสำคัญของ FPP นั้นพิจารณาจาก 2 ปัจจัย คือ ความวิกฤติเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤติเชิงสถิติ (Statistical criticality) การพิจารณาว่า FPP ใดๆ มีความวิกฤติเชิงเทคนิคมากหรือน้อยจะพิจารณาจาก ระดับของผลกระทบของ FPP ที่มีผลต่อการทำงาน (Function) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หรือสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า โดยแบ่งค่าความวิกฤติเชิงเทคนิคออกเป็น 5 ระดับ คือ 1 = ต่ำ 2 = ค่อนข้างต่ำ 3 = ปานกลาง 4 = ค่อนข้างสูง 5 = สูง การกำหนดค่าความวิกฤติเชิงเทคนิคของ FPP ใดๆ จำเป็นต้องอาศัยความรู้เชิงวิศวกรรมที่มีต่อตัวผลิตภัณฑ์และเสียงของลูกค้า (Voice of Customer หรือ VOC) ดังนั้นการกำหนดค่าความวิกฤติเชิงเทคนิคของ FPP จึงควรดำเนินการเป็นทีม ซึ่งประกอบด้วยวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายคุณภาพ ฝ่ายผลิต และลูกค้า

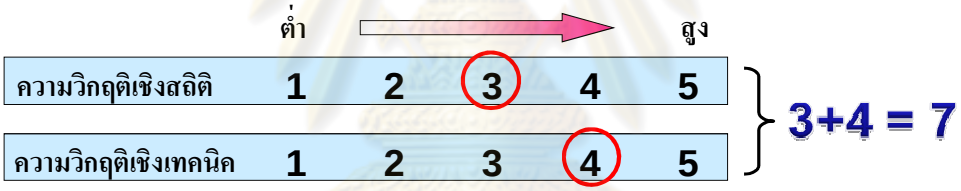
ส่วนการพิจารณาค่าความวิกฤติเชิงสถิติของพารามิเตอร์ใดๆ จะพิจารณาจากระดับของดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการคือค่า Z-Score หรือสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากพารามิเตอร์นั้นๆ ในหน่วย DPPM (Defect part per million) ตามตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงแนวทางเบื้องต้นในการกำหนดระดับความวิกฤติเชิงสถิติของ FPP

ตารางที่ 3.1 การแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติตามดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการหรือสัดส่วนของเสีย

ดัชนี	ค่าความวิกฤติเชิงสถิติ				
	1	2	3	4	5
ความสามารถของกระบวนการในหน่วย Z-Score	>6	>5	>4	>3	<3
สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM	< 3.4	< 233	< 6210	< 66811	> 66812

ในบางกรณีการแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติตามตารางที่ 3.1 อาจจะไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงนัยสำคัญของความแตกต่างได้เช่น หากทุก FPP มีสัดส่วนของเสียอยู่ในช่วง 6210 DPPM ถึง 66811DPPM ค่าความวิกฤติเชิงสถิติของทุกพารามิเตอร์ก็จะมีค่าเท่ากันหมด ทำให้ไม่สามารถแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติของพารามิเตอร์เหล่านี้ได้ ทั้งๆ ที่ความแตกต่างนี้อาจจะมีนัยสำคัญต่อผู้ควบคุมการผลิตหรือลูกค้า ในกรณีเช่นนี้ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถที่จะปรับเปลี่ยนการแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติใหม่เพื่อให้สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญได้ ทั้งนี้ระดับความวิกฤติเชิงสถิติใหม่นี้พึงได้รับความเห็นชอบจากทีมงานและลูกค้าก่อนนำมาใช้งาน

ระดับความสำคัญของ FPP จะเป็นผลรวมของระดับความวิกฤติเชิงสถิติและระดับความวิกฤติเชิงเทคนิค ดังรูปที่ 3.4 คือ หากพารามิเตอร์หนึ่งมีระดับความวิกฤติเท่ากับ 3 และระดับความวิกฤติเชิงเทคนิคอยู่ที่ 4 จะได้ระดับความสำคัญของ FPP คือ 7 ค่าระดับความสำคัญนี้จะเป็นสารสนเทศสำหรับการจัดลำดับก่อนและหลังของ FPP ที่ต้องดำเนินการควบคุม



รูปที่ 3.4 การกำหนดระดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 2 จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ

การใช้แผนภูมิควบคุมกับ FPP เพียงอย่างเดียวจะให้ประสิทธิผลน้อยกว่าการควบคุม PP หรือ IPP ดังนั้นผู้ควบคุมการผลิตจึงควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการควบคุม IPP หรือ PP แทนการควบคุม FPP การควบคุม IPP และ PP นั้นจะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP จึงจำเป็นต้องมีการศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วการศึกษากระบวนการนั้นไม่สามารถที่จะทำพร้อมๆ กันได้ทุกกระบวนการเพราะทรัพยากรที่ต้องใช้มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP

แผนผังเมทริกซ์ดังรูปที่ 3.5 เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการกับ FPP และระดับความสำคัญของ FPP

ขั้นตอนในการจัดทำแผนผังเมทริกซ์มีดังนี้

1) นำ FPP และค่าระดับความสำคัญของพารามิเตอร์ที่ได้จากการดำเนินการตามหัวข้อ 3.1 ใส่ลงในส่วนที่ 1 และ 2 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3.5 ส่วนที่ 1 และ 2) ตามลำดับ

2) ระบุกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ลงในส่วนที่ 3 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3.5 ส่วนที่ 3)

3) กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการกับ FPP ลงในส่วนที่ 4 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3.5 ส่วนที่ 4) โดยนำเกณฑ์ในการให้คะแนนของ Silverstein (2005) มาใช้

ค่า 0 = กระบวนการไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP
1 = กระบวนการมีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย
4 = กระบวนการมีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง
9 = กระบวนการมีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

4) คำนวณและบันทึกคะแนนรวมของกระบวนการลงในส่วนที่ 5 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3.5 ส่วนที่ 5) โดยคะแนนรวมของกระบวนการสามารถคำนวณได้ดังนี้

ถ้ากำหนดให้ Z_i = คะแนนรวมของกระบวนการ i
y_j = ค่าระดับความสำคัญของ FPP j
x_{ij} = ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการ i กับ ค่าระดับความสำคัญของ FPP j

แล้ว $$Z_i = \sum_{j=1}^{m} y_j x_{ij}$$ สำหรับ i = 1,2,…,n

เช่น จากรูปที่ 3.5 คะแนนรวมของกระบวนการที่ 2 = (5x4) + (8x9) + (9x4) = 128

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังเมทริกซ์

	ค่าระดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย	3	5	8	3	9	2	4	5	3	8	2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		พารามิเตอร์ A	พารามิเตอร์ B	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ D	พารามิเตอร์ E	พารามิเตอร์ F	พารามิเตอร์ G	พารามิเตอร์ H	พารามิเตอร์ I	พารามิเตอร์ J	1 รวม
	กระบวนการ											
1	กระบวนการที่ 1	1										3
2	กระบวนการที่ 2		4	9		4						128
3	กระบวนการที่ 3		4	4	9		4	1	9	1	9	211
4	กระบวนการที่ 4	9									5	67
5	กระบวนการที่ 5	4				9	1			9	1	130
6	กระบวนการที่ 6			1				9				44
7	กระบวนการที่ 7	1			1							6
8	กระบวนการที่ 8											0
9	กระบวนการที่ 9		9				9		1			68
10	กระบวนการที่ 10				4							12

3 4 5

0 = ไม่มีความสัมพันธ์, 1 = มีความสัมพันธ์เล็กน้อย, 4 = มีความสัมพันธ์ปานกลาง, 9 = มีความสัมพันธ์มาก

รูปที่ 3.5 แผนผังเมทริกซ์สำหรับการพิจารณาความสัมพันธ์ของกระบวนการกับพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดทำแผนผังเมทริกซ์จะถูกนำมาใช้จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP โดยมีวิธีในการพิจารณา 2 วิธี คือ

1) พิจารณาโดยการมุ่งเน้นทีละพารามิเตอร์ โดยพิจารณาจาก FPP ที่มีค่าระดับความสำคัญสูงที่สุด แล้วจัดลำดับการศึกษากระบวนการตามระดับความสัมพันธ์ของกระบวนการกับ FPP นั้น คือ ศึกษากระบวนการที่มีความสัมพันธ์มากก่อนแล้วจึงศึกษากระบวนการที่มีความสัมพันธ์ปานกลางหรือมีความสัมพันธ์เล็กน้อยไปตามลำดับ เช่น จากแผนผังเมทริกซ์ดังรูปที่ 3.5 FPP E มีค่าระดับความสำคัญสูงที่สุด (ดูรูปที่ 3.5 ส่วนที่ 1 และ 2) ดังนั้นกระบวนการที่ 5 ซึ่งมีความสัมพันธ์มากกับพารามิเตอร์นี้จึงเป็นกระบวนการที่ควรนำมาศึกษาเป็นลำดับแรก แล้วจึงศึกษากระบวนการที่ 2 ซึ่งมีความสัมพันธ์ปานกลางเป็นลำดับถัดไป ทั้งนี้ความจำเป็นในการศึกษากระบวนการที่ 2 ในลำดับถัดไปนั้นขึ้นอยู่กับผลการศึกษากระบวนการที่ 5 คือ หากการควบคุม IPP หรือ PP ของกระบวนการที่ 5 สามารถควบคุม FPP E ได้ตามเป้าหมาย ก็ควรที่จะศึกษากระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ซึ่งมีค่าระดับความสำคัญในลำดับถัดไป เช่น FPP C หรือ FPP J เป็นต้น แล้วจึงค่อยมาพิจารณาศึกษากระบวนการที่ 2 เพื่อให้การควบคุมพัฒนาไปยังกระบวนการต้นน้ำยิ่งขึ้นในภายหลัง โดยใช้แผนผังเมทริกซ์ซึ่งได้มีการทบทวนค่าระดับ

ความสำคัญของ FPP เป็นเครื่องมือ เพราะค่าความวิกฤติเชิงสถิตินั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีการควบคุมและปรับปรุงกระบวนการ แต่หากการควบคุม IPP หรือ PP ของกระบวนการที่ 5 ยังไม่เพียงพอที่จะบรรลุเป้าหมาย ก็ควรที่จะศึกษากระบวนการที่ 2 เป็นลำดับถัดไป ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถมั่นใจได้ว่าการศึกษากระบวนการเพื่อควบคุม IPP หรือ PP จะเป็นไปตามลำดับความสำคัญของ FPP อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อด้อยคือ ในกรณีที่มี FPP จำนวนมาก โอกาสที่ FPP หลายตัวจะมีค่าระดับความสำคัญเท่ากันก็จะเพิ่มขึ้น หาก FPP หลายตัวมีค่าระดับความสำคัญเท่ากันแล้ว การจัดลำดับการศึกษากระบวนการก็จะไม่มีความชัดเจนว่าควรจะเลือกศึกษากระบวนการใดก่อน นอกจากนี้การศึกษาแบบมุ่งเน้นทีละพารามิเตอร์ จะช้ากว่าการศึกษาแบบมุ่งเน้นที่กระบวนการ เพราะการศึกษาแบบมุ่งเน้นที่กระบวนการนั้นเป็นการพิจารณา FPP หลายตัวที่มีความสัมพันธ์กับ IPP หรือ PP ของกระบวนการไปพร้อมกัน

2) พิจารณาโดยการมุ่งเน้นที่กระบวนการ โดยใช้คะแนนรวมของกระบวนการเป็นสารสนเทศสำหรับจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP โดยกระบวนการที่มีคะแนนรวมสูงควรได้รับการศึกษาก่อน เพราะคะแนนที่สูงมักจะเกิดจากการที่กระบวนการเหล่านี้มีความสัมพันธ์มากกับ FPP ที่มีความสำคัญสูง เช่น จากรูปที่ 3.5 กระบวนการที่ 3 เป็นกระบวนการที่มีคะแนนสูงสุด (ดูรูปที่ 3.5 ส่วนที่ 3 และ 5) จึงควรได้รับการศึกษาก่อน แล้วจึงศึกษากระบวนการที่มีคะแนนรวมรองลงไปคือ กระบวนการที่ 2, 5 และกระบวนการอื่นๆ ตามลำดับจนสามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่าง FPP ทุกตัวที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้ากับ IPP และ PP ได้ ทั้งนี้จำนวนกระบวนการที่จะดำเนินการศึกษาในแต่ละช่วงเวลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ ข้อดีของวิธีการนี้คือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP จะมีความรวดเร็วเพราะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP หลายๆ ตัวที่มีต่อ IPP หรือ PP ของกระบวนการหนึ่งๆ ไปพร้อมๆ กัน แต่วิธีการนี้ก็มีข้อด้อยคือ FPP ที่มีความสำคัญสูงมีโอกาสที่จะได้รับการศึกษาความสัมพันธ์กับ IPP และ PP ที่เกี่ยวข้อง ช้ากว่า FPP ที่มีความสำคัญน้อยกว่า คือหาก FPP มีค่าระดับความสำคัญสูงแต่กระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP นี้มีความสัมพันธ์กับ FPP อื่นๆ น้อย ก็อาจจะทำให้กระบวนการนี้ได้รับการศึกษาช้ากว่า กระบวนการอื่นที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับ FPP นี้ แต่มีความสัมพันธ์กับ FPP อื่นๆ จำนวนมาก เช่น จากแผนผังเมทริกซ์ในรูปที่ 3.5 แม้ว่า FPP E จะมีความสำคัญมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวมของกระบวนการแล้ว กระบวนการที่ 3 ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP E จะได้รับการศึกษาก่อนกระบวนการที่ 5

การเลือกวิธีในการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น ในกรณีที่มี FPP จำนวนน้อยและมีกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP จำนวนไม่มาก ก็ควรใช้การพิจารณาแบบมุ่งเน้นทีละพารามิเตอร์เพราะการศึกษา

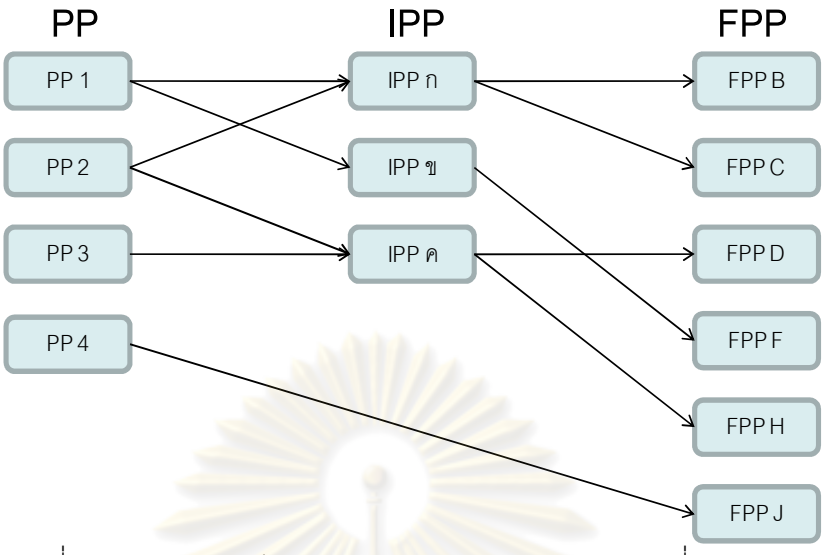
กระบวนการจะเป็นไปตามลำดับความสำคัญของ FPP แต่หาก FPP มีจำนวนมากก็ควรใช้การพิจารณาโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการเพราะจะเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP หลายตัวกับ IPP หรือ PP ไปพร้อมกัน

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษากระบวนการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท

เมื่อทราบลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาแล้ว ผู้ควบคุมการผลิตจำเป็นต้องศึกษากระบวนการเพื่อบ่งชี้และหาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP การบ่งชี้และหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถทำได้โดยอาศัยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์ (Cause and effect) เช่น กำหนดให้ IPP เป็นสาเหตุหรือตัวแปรอิสระ (Independent variables) และ FPP เป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม (Dependent variables) หรือในอีกกรณีคือ PP เป็นสาเหตุหรือตัวแปรอิสระและ IPP หรือ FPP เป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การบ่งชี้ความสัมพันธ์โดยใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราห์ความล้มเหลว (Failure analysis) การวิเคราะห์สาเหตุและผลลัพธ์โดยใช้แผนภูมิสาเหตุและผลลัพธ์ (Cause and Effect diagram) การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่แล้วด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ฯลฯ ทั้งนี้การจะใช้วิธีการใดในการวิเคราะห์สาเหตุและผลลัพธ์นั้นไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวว่าจะต้องใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเสมอ

จากรูปที่ 3.5 เมื่อพิจารณาโดยการมุ่งเน้นที่กระบวนการ กระบวนการที่ 3 เป็นกระบวนการที่มีคะแนนสูงสุดจึงถูกนำมาศึกษาก่อนกระบวนการอื่นๆ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์ทำให้สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่าง PP และ IPP กับ FPP ได้ดังรูปที่ 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



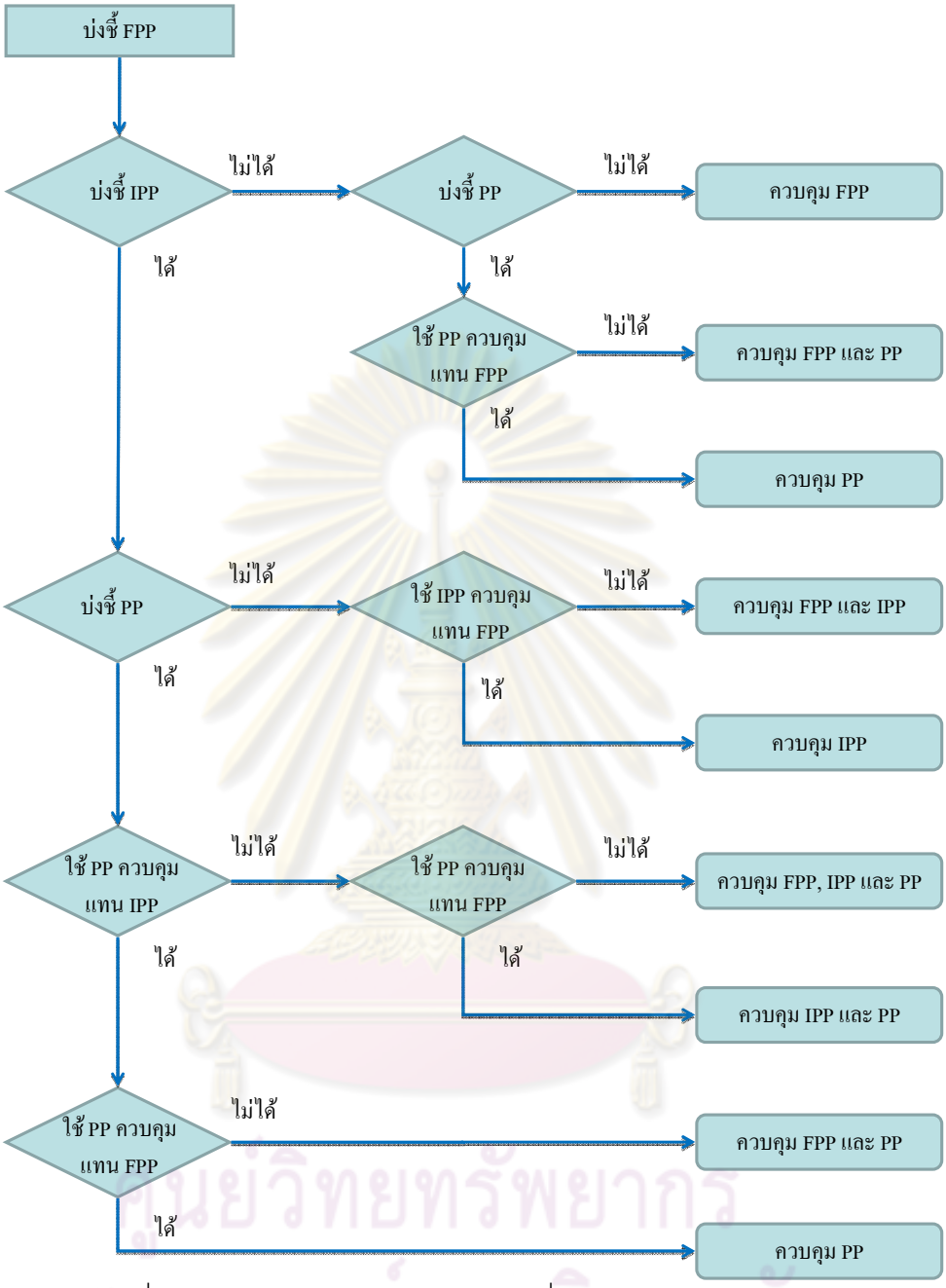
รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง PP และ IPP ของกระบวนการที่ 3 กับ FPP

ขั้นตอนที่ 4 เลือกพารามิเตอร์ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม

จากการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 ทำให้ได้ลำดับความสำคัญของ FPP ลำดับของกระบวนการในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท ตลอดจน IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ตามลำดับ โดยผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1-3 นี้จะมีความเชื่อมโยงกันเพื่อให้การใช้แผนภูมิควบคุมมีความสอดคล้องกัน การดำเนินการในขั้นตอนที่ 4 นี้คือ การนำผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1-3 มาพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ที่จะนำไปควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม โดยมีแนวทางในการเลือกคือ

ในตอนเริ่มต้นของการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมหากยังไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ในเชิงสาเหตุและผลลัพธ์ระหว่าง FPP กับ IPP หรือ PP ได้ ก็จำเป็นต้องใช้แผนภูมิควบคุมกับ FPP แต่ถ้าสามารถระบุความสัมพันธ์ในเชิงสาเหตุและผลลัพธ์ระหว่าง FPP กับ IPP หรือ PP ได้ ก็สามารถใช้แผนภูมิควบคุมกับ IPP หรือ PP ควบคู่ไปกับแผนภูมิควบคุม FPP และหากการควบคุม FPP สามารถทดแทนได้ด้วยการควบคุม IPP หรือ PP ก็สามารถที่จะยกเลิกแผนภูมิควบคุม FPP ได้ หรือหากการควบคุม IPP สามารถทดแทนได้ด้วยการควบคุม PP ก็สามารถที่จะยกเลิกแผนภูมิควบคุม IPP ได้

แนวทางในการเลือกพารามิเตอร์สำหรับการใช้แผนภูมิควบคุมสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แนวทางในการเลือกพารามิเตอร์ที่จะนำไปควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่าง PP และ IPP กับ FPP ของกระบวนการที่ 3 (ดูรูปที่ 3.6) มาพิจารณาเลือกพารามิเตอร์สำหรับการใช้แผนภูมิควบคุมตามแนวทางในรูปที่ 3.7 สามารถสรุปได้ดังนี้

- หากการควบคุม IPP ก หรือการควบคุม IPP ก ร่วมกับ PP 1 และ 2 สามารถทดแทนการควบคุม FPP B หรือ C ได้ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะดำเนินการควบคุม FPP B หรือ C

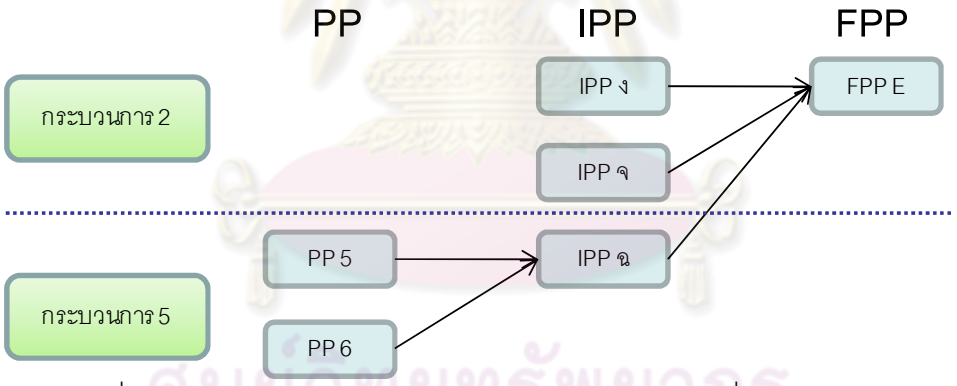
- หากการควบคุม IPP ข หรือการควบคุม IPP ข ร่วมกับ PP 1 สามารถทดแทนการควบคุม FPP F ได้ก็ไม่จำเป็นต้องควบคุม FPP F

- หากการควบคุม IPP ค หรือการควบคุม IPP ค ร่วมกับ PP 2 และ 3 สามารถทดแทนการควบคุม FPP D หรือ H ได้ก็ไม่จำเป็นต้องควบคุม FPP D หรือ H

- หากการควบคุม PP 1, 2, และ 3 สามารถทดแทนการควบคุม IPP ก, ข, หรือ ค ได้ก็ไม่จำเป็นต้องควบคุม IPP ตัวนั้นๆ

- หากการควบคุม PP 4 ทดแทนการควบคุม FPP ได้ก็ไม่จำเป็นต้องควบคุม FPP J

ในบางกรณีการทดแทนการควบคุม FPP จะยังไม่สามารถทำได้ด้วยการควบคุม IPP หรือ PP ในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แต่จำเป็นต้องควบคุม IPP และ PP ที่เกี่ยวข้องในหลายกระบวนการจึงจะสามารถทดแทนการควบคุม FPP ได้ เช่น ภายหลังจากที่ได้ศึกษากระบวนการที่ 3 แล้วผู้ควบคุมกระบวนการได้ศึกษากระบวนการที่มีความสำคัญในลำดับถัดไปคือกระบวนการที่ 5 และกระบวนการที่ 2 ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่าง IPP และ PP ของทั้งสองกระบวนการกับ FPP E ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างIPP และ PP ของกระบวนการที่ 2 และ 5 กับ FPP E

จากรูปที่ 3.8 IPP ของกระบวนการที่ 2 ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP E คือ IPP ง และ จ อย่างไรก็ตามกระบวนการที่ 2 นี้ไม่มีการปรับตั้งพารามิเตอร์ของกระบวนการจึงไม่สามารถใช้แผนภูมิควบคุมที่ PP ได้ ซึ่งกรณีเช่นนี้ มักจะพบในกระบวนการที่เป็นการตรวจสอบ เช่น ในกระบวนการตรวจสอบขนาดของวัตถุดิบด้วยไมโครมิเตอร์ ขนาดของวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบเป็น IPP ที่มีผลต่อ FPP ในกรณีนี้ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถทำได้เพียงการวัดค่า IPP คือขนาดของวัดถุดิบเท่านั้น แต่ไม่สามารถปรับตั้ง PP เพื่อให้ได้ขนาดของวัตถุดิบที่ต้องการได้ เนื่องจากขนาดของวัตถุดิบนั้นได้ถูกกำหนดขึ้นมาก่อนหน้านี้แล้วจากกระบวนการผลิตของผู้ส่ง

มอบ สำหรับกระบวนการที่ 5 IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP E คือ IPP ฉ และ PP 5 และ 6 ในกรณีนี้การควบคุม IPP และ PP ในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งไม่สามารถทดแทนการควบคุม FPP E ได้ แต่การควบคุม FPP E นี้สามารถทดแทนได้โดยการควบคุม IPP และ PP ของทั้งสองกระบวนการ

ข้อสังเกตจากการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1-4 มีดังนี้

ในกรณีที่ความรู้ความเข้าใจในผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการยังมีน้อย เช่น กรณีผลิตภัณฑ์ใหม่หรือกระบวนการใหม่ การจัดลำดับความสำคัญและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมอาจจะดำเนินการเพียงขั้นตอนที่ 1 ก็ได้ คือ เลือก FPP ที่จะดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เมื่อความเข้าใจในผลิตภัณฑ์และกระบวนการมีมากขึ้น ก็ควรที่จะดำเนินการในขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP อันเป็นการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ในกระบวนการต้นน้ำยิ่งขึ้นและเป็นการควบคุมปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและช่วยให้การตอบสนองและแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการสร้างแผนภูมิควบคุมที่ซ้ำซ้อนทำให้การใช้ทรัพยากรในการควบคุมกระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุปการเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนตามพัฒนาการในการควบคุมกระบวนการจาก FPP ไปสู่ IPP และ PP ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายโดยพิจารณาจากค่าความสำคัญของ FPP ซึ่งเป็นผลรวมจากค่าความวิกฤติเชิงเทคนิคและความวิกฤติเชิงสถิติ

ขั้นตอนที่ 2 จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของกระบวนการกับ FPP ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 โดยใช้แผนผังเมทริกซ์เป็นเครื่องมือ

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษากระบวนการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทโดยการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลลัพธ์ระหว่าง IPP และ PP กับ FPP

ขั้นตอนที่ 4 เลือกพารามิเตอร์ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยแนวทางในการเลือกจะพิจารณาจากการทดแทนกันได้ในการควบคุมระหว่าง FPP, IPP และ PP

ประโยชน์จากการดำเนินการเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ตามขั้นตอนที่ 1-4 คือ

- ทำให้มั่นใจว่าแผนภูมิควบคุมได้ถูกใช้ในการควบคุมพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญและสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

- ทำให้การใช้ทรัพยากรในการควบคุมกระบวนการด้วยแผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการมุ่งเน้นที่พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญและสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

- ป้องกันความซ้ำซ้อนในการควบคุมพารามิเตอร์

3.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด

การใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อตัดสินว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมหรือไม่ต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัด ความสามารถของระบบการวัดจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของการตัดสินใจเกี่ยวกับสภาวะของกระบวนการ Kanazuka (1986) Linna และ Woodall (2001) ได้ศึกษาผลกระทบของความผันแปรจากระบบการวัดที่มีต่อแผนภูมิควบคุมและแสดงให้เห็นว่าความผันแปรจากระบบการวัดจะทำให้อำนาจการทดสอบ (Power) ของแผนภูมิควบคุมลดลงและค่า ARL_1 หรือจำนวนจุดพล็อตบนแผนภูมิควบคุมที่ต้องใช้ในการตรวจจับสาเหตุพิเศษเพิ่มขึ้น ในกระบวนการที่มีความผันแปรของระบบการวัดสูง เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมเวลาที่ใช้ในการตรวจจับสาเหตุพิเศษจะมากกว่ากระบวนการที่มีความผันแปรของระบบการวัดต่ำ ดังนั้นภายหลังจากที่ผู้ควบคุมกระบวนการได้เลือกพารามิเตอร์ที่จะใช้แผนภูมิควบคุมแล้ว ก็จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดที่จะใช้วัดค่าของพารามิเตอร์นั้นๆ ก่อนที่จะเริ่มเก็บข้อมูลเพื่อสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยโรงงานกรณีศึกษานั้นใช้วิธีการของ AIAG (2002) ในการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่ได้รับการรับรองคือ ISO/TS 16949

3.4 การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

แผนภูมิควบคุมที่นำมาใช้ในการควบคุมการผลิต โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย Duncan (1974: 386) กล่าวว่า “ในการสร้างแผนภูมิควบคุมไม่มีขั้นตอนใดสำคัญไปกว่าการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล” ทั้งนี้เพราะการที่แผนภูมิควบคุมจะสามารถบ่งบอกสภาวะของกระบวนการได้อย่างถูกต้องเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลที่ได้จากกลุ่มกลุ่มย่อยนั้นสามารถที่จะแยกความแตกต่างระหว่างความผันแปรที่เกิดจากสาเหตุพิเศษออกจากสาเหตุธรรมดาได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลเป็นเรื่องสำคัญ แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่ได้ทำได้โดยง่ายเสมอไป (Ott, Schilling, และ Neubauer, 2005: 66) เพราะต้องอาศัยความรู้เชิงเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคู่ไปกับความรู้ทางด้านสถิติที่เกี่ยวข้องกับความผันแปรและแผนภูมิควบคุม นอกจากนี้การกำหนด

กลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลก็ไม่มีวิธีการที่ตายตัว Nelson (1988: 74) ได้กล่าวไว้ว่า “ถ้าหากมีศิลปะในการสร้างแผนภูมิควบคุมแล้ว ศิลปะนั้นก็คือศิลปะในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล”

ในกรณีของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า แผนภูมิควบคุมส่วนมากไม่ได้มีการพิจารณาในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล แต่มักจะดำเนินการสร้างแผนภูมิควบคุมจากแนวปฏิบัติทั่วไปที่ปฏิบัติกันมา คือ เลือกแผนภูมิควบคุมก่อนโดยส่วนมากเป็นแผนภูมิ $\overline{X}$ - R หรือ $\overline{X}$ - s โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประมาณ 4-6 ตัวอย่าง โดยไม่มีการพิจารณาถึงสายกระบวนการที่จะสุ่มตัวอย่าง ทำให้ตัวอย่างที่ได้อาจสุ่มมาจากหลายสายกระบวนการหรือสายกระบวนการเดียวก็ได้ การเก็บตัวอย่างของแต่ละกลุ่มจะเลือกเก็บตัวอย่างที่มีลำดับติดกันจนเท่ากับขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด โดยไม่ได้พิจารณาว่าในช่วงเวลาที่เก็บกลุ่มตัวอย่างนั้นมีโอกาสที่จะเกิดสาเหตุพิเศษภายในกลุ่มตัวอย่างหรือไม่

เพื่อป้องกันการสร้างแผนภูมิควบคุมโดยไม่ได้พิจารณาการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างเหมาะสม และลดเวลาและความสูญเสียจากการเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดพิกัดควบคุมทดลอง อันเนื่องมาจากการกำหนดกลุ่มย่อยที่ไม่เหมาะสมทำให้ต้องเปลี่ยนวิธีการเก็บข้อมูลและเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บข้อมูลจากการทดสอบแบบทำลาย งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีการศึกษาข้อมูลเพื่อกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลก่อนการดำเนินการเลือกชนิดแผนภูมิควบคุมเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการ ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Ott et al. (2005: 199) ที่เสนอให้ดำเนินการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลก่อนการสร้างแผนภูมิควบคุม เพราะการดำเนินการหลังจากนี้เป็นเพียงแค่การนำค่าจากกลุ่มย่อยที่ได้มากำหนดพิกัดควบคุมเท่านั้น

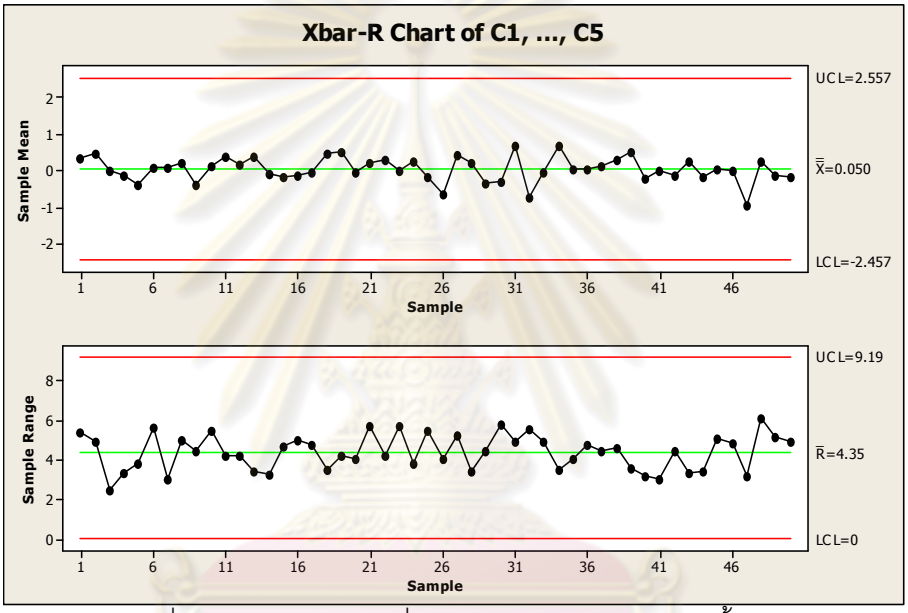
จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลนั้นไม่มีวิธีการที่ตายตัว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำความผิดพลาดที่พบทั่วไปในการกำหนดกลุ่มย่อยและหลักการในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ มาเรียบเรียงและกำหนดข้อพิจารณาในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลโดยให้มีความสอดคล้องกับประเด็นคำถามที่มักจะพบในการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลและหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ความผิดพลาดทั่วไปในการกำหนดกลุ่มย่อย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ Automotive Industry Action Group [AIAG] (1995) Grant และ Levenworth (1996) Montgomery (2005) Nelson (1988) Sefik (1998) ความผิดพลาดทั่วไปที่พบในการกำหนดกลุ่มย่อยมี 4 ประเภท คือ

1) การเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratification of the sample) การกำหนดกลุ่มย่อยของแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R หรือ $\overline{X}$ - s โดยการเลือกตัวอย่างในจำนวนที่เท่ากันจากแต่ละชั้นภูมิ

หรือสายกระบวนการเช่น จากแต่ละเครื่องจักร แต่ละสายการผลิต แต่ละส่วนภายในเครื่องจักร (Modules) ในกรณีที่แต่ละชั้นภูมิหรือสายกระบวนการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแล้ว ความแตกต่างนี้จะทำให้การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มมีค่าสูงกว่าปกติ และเมื่อนำค่าความผันแปรภายในนี้ไปสร้างพิกัดควบคุมแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ จะทำให้พิกัดควบคุมมีความกว้างกว่าปกติทำให้ไม่สามารถตรวจจับสาเหตุพิเศษได้อย่างมีประสิทธิผล ความผิดปกติจากการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมินี้สามารถสังเกตได้จากการที่กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมเป็นอย่างดี โดยจุดพล็อตในแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ อยู่ใกล้กับเส้นกึ่งกลางเกือบทั้งหมดดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนภูมิควบคุมที่มีการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ
โดยแต่ละชั้นภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การแก้ไขปัญหาจากการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสามารถทำได้โดยเลือกใช้แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการที่เหมาะสมกับลักษณะของสายกระบวนการ การใช้แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม และบ่งชี้สาเหตุพิเศษว่าเป็นชนิดที่ทำให้ทุกสายกระบวนการออกนอกการควบคุม หรือทำให้สายกระบวนการหนึ่งหรือบางสายกระบวนการออกนอกการควบคุม ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อดีและข้อด้อยของแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการต่างๆ และสรุปเป็นแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมหลายสายกระบวนการดังนี้

- แผนภูมิควบคุมสำหรับสายกระบวนการเพียง 1 สาย

ในกรณีที่ข้อมูลของแต่ละสายกระบวนการมีสหสัมพันธ์ที่สูงหรือเกือบสมบูรณ์ (Nearly perfectly correlated) ก็สามารถใช้แผนภูมิควบคุมเช่น $\overline{X}-R$, $\overline{X}-s$, $EWMA$ ฯลฯ กับสายกระบวนการเพียง 1 สายได้ (Montgomery, 2005) เพราะหากสายกระบวนการหนึ่งออกนอกการควบคุมสายกระบวนการอื่นก็มีแนวโน้มที่จะออกนอกการควบคุมด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติสหสัมพันธ์ที่พบมักจะอยู่ในระดับกลางทำให้การใช้แผนภูมิควบคุมกับสายกระบวนการเพียง 1 สายไม่สามารถแสดงสภาวะของทั้งกระบวนการได้อย่างเหมาะสม เพราะการที่สายกระบวนการหนึ่งออกนอกการควบคุม สายกระบวนการอื่นอาจจะออกนอกการควบคุมหรือไม่ก็ได้ ในกรณีเช่นนี้ผู้ควบคุมกระบวนการควรเลือกใช้ 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ หรือใช้ 1 แผนภูมิกับทุกสายกระบวนการ เพื่อตอบคำถามในกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุมว่ามีเพียงบางสายกระบวนการหรือทุกสายกระบวนการออกนอกการควบคุม นอกจากนั้นก็ต้องกำหนดวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่ตรงจุด คือ หากทุกสายกระบวนการออกนอกการควบคุมก็ควรที่จะการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นพารามิเตอร์ร่วมของทุกสายกระบวนการ แต่หากมีเพียงบางสายกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมก็ควรปรับค่าพารามิเตอร์เฉพาะสายกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมเท่านั้น

- แผนภูมิควบคุมกลุ่ม

แผนภูมิควบคุมกลุ่ม (Group Control Chart หรือ GCC) เป็นแผนภูมิที่สามารถใช้เพียง 1 แผนภูมิในการควบคุมทุกสายกระบวนการ ทำให้ลดจำนวนแผนภูมิที่ต้องใช้ในการควบคุมหลายสายกระบวนการได้ GCC ถูกเสนอโดย Boyd ในปี 1950 และมีการกล่าวถึงทั่วไปในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ GCC ประกอบไปด้วยแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าพิสัย การคำนวณเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมจะใช้สมการและค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุมเช่นเดียวกับแผนภูมิ $\overline{X}-R$ แต่การพล็อตจุดจากกลุ่มย่อยของทุกสายกระบวนการในแต่ละครั้งจะพล็อตเพียงค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดและค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดลงในแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ย และพล็อตค่าพิสัยที่มากที่สุดและน้อยที่สุดลงบนแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าพิสัย โดยมีการระบุสายกระบวนการไว้ที่จุดพล็อตทุกครั้งเพื่อความสะดวกในการระบุสายกระบวนการที่ออกนอกการควบคุม หากจุดที่มีค่ามากที่สุดและจุดที่มีค่าน้อยที่สุดของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยอยู่ในเส้นพิกัดควบคุมแสดงว่าทุกสายกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม แต่หากจุดที่มีค่ามากที่สุดหรือจุดที่มีค่าน้อยที่สุดออกนอกเส้นพิกัดควบคุมแสดงว่าสายกระบวนการของจุดที่มีค่ามากที่สุดหรือจุดที่มีค่าน้อยที่สุดนั้นออกนอกการควบคุม และอาจจะมีบางสายกระบวนการที่มีค่าอยู่ระหว่างจุดที่ออกนอกพิกัดควบคุมนั้นออกนอกการ

ควบคุมด้วย หรือหากทั้งจุดที่มีค่ามากที่สุดและจุดที่มีค่าน้อยที่สุดออกนอกเส้นพิกัดควบคุมในด้านเดียวกันแสดงว่าทุกสายกระบวนการออกนอกสภาวะควบคุม นอกจากการพิจารณาจุดที่ออกนอกพิกัดควบคุมแล้ว หากสายกระบวนการใดมีจุดที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดบนแผนภูมิควบคุมกลุ่มสำหรับค่าเฉลี่ยหรือค่าพิสัยอย่างต่อเนื่องแสดงว่าสายกระบวนการนั้นออกนอกการควบคุมเช่นกัน

ถึงแม้ว่า GCC จะช่วยลดจำนวนแผนภูมิที่ใช้และสะดวกในการทำความเข้าใจกับพนักงานระดับปฏิบัติการเนื่องจากมีความใกล้เคียงกับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย แต่ GCC ก็มีจุดด้อยหลายประการ คือ

โดยทั่วไปแล้วในการใช้แผนภูมิควบคุมในภาคอุตสาหกรรมจะกำหนดความกว้างของพิกัดควบคุมเท่ากับ + 3 ซิกม่า ทำให้ได้ค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมหรือ ARL_0 เท่ากับ 370 เพื่อหลีกเลี่ยงการค้นหาปัญหาที่ไม่ได้เกิดขึ้นจริงและปรับตั้งกระบวนการโดยไม่จำเป็น และแม้ว่าผู้ควบคุมกระบวนการสามารถที่จะออกแบบแผนภูมิควบคุมให้มีค่า ARL_0 ตามที่ต้องการได้โดยกำหนดความกว้างของพิกัดควบคุมให้มีค่ามากหรือน้อยกว่า + 3 ซิกม่า แต่ในกรณีของ GCC Grimshaw, Bryce, และ Meade (1999) ได้แสดงให้เห็นว่า แม้ว่า GCC จะถูกออกแบบให้มีความกว้างของพิกัดควบคุมเท่ากับ + 3 ซิกม่าแล้วก็ตาม แต่ค่า ARL_0 จะมีค่าลดลงต่ำกว่าค่า ARL_0 ตามปกติที่ 370 เมื่อจำนวนสายกระบวนการเพิ่มขึ้นทำให้การแจ้งเตือนที่ผิดพลาด (False alarm) มีมากขึ้นดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ARL_0 ของแผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีจำนวนสายกระบวนการ k (Grimshaw, Bryce, และ Meade, 1999)

จำนวนสายกระบวนการ (k)	ความน่าจะเป็นที่ทุกสายกระบวนการอยู่ในพิกัดควบคุม	ARL_0
1	0.99730	370.4
2	0.99461	185.4
3	0.99192	123.8
4	0.98924	93.0
5	0.98657	74.5
6	0.98391	62.1
7	0.98125	53.3
8	0.97860	46.7
9	0.97596	41.6
10	0.97333	37.5
15	0.96026	25.2
20	0.94736	19.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากการที่มีจุดพล็อตของสายกระบวนการใดสายหนึ่งถูกพล็อตบน GCC อย่างต่อเนื่อง (run scheme) ค่า ARL_0 จะมีค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) และมีค่าก้าวกระโดดมากขึ้นเมื่อจำนวนสายกระบวนการเพิ่มขึ้น ทำให้ที่จำนวนสายกระบวนการต่างๆ หลายจำนวนไม่สามารถกำหนดแบบแผน (Scheme) ในการพิจารณาการออกนอกการควบคุมของกระบวนการให้ใกล้เคียงกับค่า ARL_0 ปกติที่ 370 ได้ ตารางที่ 3.3 แสดงค่า ARL_0 ของจุดต่อเนื่องในด้านเดียว (one-side run scheme) หรือ $ARL(1)_0$ คือ ค่า ARL จากการที่สายกระบวนการใดสายหนึ่ง มีจุดค่าเฉลี่ยมากที่สุดหรือน้อยที่สุดอย่างใดอย่างหนึ่ง ต่อเนื่องกัน r จุดในกรณีที่กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม (Nelson, 1986) โดยค่า $ARL(1)_0$ จะมีค่าก้าวกระโดดมากขึ้นเมื่อจำนวนสายกระบวนการเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3.3 $ARL(1)_0$ ของแผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีจำนวนสายกระบวนการ k

จำนวนสาย	จำนวนจุดที่ต่อเนื่องกัน (r)							
กระบวนการ (k)	2	3	4	5	6	7	8	9
2	4.0	8.0	16.0	32.0	64.0	128.0	256.0	512.0
3	4.5	13.5	40.5	121.5	364.5	1093.5	3280.5	9841.5
4	5.3	21.3	85.3	341.3	1365.3	5461.3	21845.3	87381.3
5	6.3	31.3	156.3	781.3	3906.3	19531.3		
6	7.2	43.2	259.2	1555.2	9331.2			
7	8.2	57.2	400.2	2801.2	19608.2			
8	9.1	73.1	585.1	4681.1				
9	10.1	91.1	820.1	7381.1				
10	11.1	111.1	1111.1	11111.1				
15	16.1	241.1	3616.1					
20	21.1	421.1	8421.1					
30	31.0	931.0	27931.0					
50	51.0	2551.0						
100	101.0	10101.0						

ในกรณีที่พิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากจุดที่ต่อเนื่องกันทั้ง 2 ด้าน (two-side run scheme) คือ มีจุดค่าเฉลี่ยมากที่สุดหรือน้อยที่สุดต่อเนื่องกัน r จุด Mortell และ Runger (1995) ได้แสดงค่า ARL_0 ในกรณีนี้คือ $ARL(2)_0$ ดังตารางที่ 3.4 โดยค่า $ARL(2)_0$ จะมีค่าก้าวกระโดดมากขึ้นเมื่อจำนวนสายกระบวนการเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ $ARL(1)_0$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 $ARL(2)_0$ ของแผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีจำนวนสายกระบวนการ k

(Mortell และ Runger, 1995)

จำนวนสาย	จำนวนจุดที่ต่อเนื่องกัน (r)					
กระบวนการ (k)	2	3	4	5	6	7
2	3.0	7.0	15.0	31.0	63.0	127.0
3	3.0	8.2	22.8	65.0	189.1	557.5
4	3.4	12.0	44.9	174.1	687.7	2738.0
5	3.9	16.9	80.2	393.7	1957.5	9771.6
6	4.3	22.9	131.6	780.5	4669.6	27999.0
7	4.8	29.9	202.0	1403.4	9807.8	
8	5.3	37.8	295.0	2343.3	18728.0	
9	5.8	46.8	412.0	3693.2		
10	6.3	56.8	557.4	5558.2		
15	8.8	121.8	1809.9	27123.0		
20	11.3	211.8	4212.3			
30	16.3	466.8	13967.0			
50	26.3	1276.8				
100	51.3	5051.8				

- การพิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากการที่สายกระบวนการใดๆ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดหรือน้อยที่สุดต่อเนื่องกัน r จุด จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีสายกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมพร้อมกันหลายสายกระบวนการ (Mortell และ Runger, 1995)

- ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละสายกระบวนการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การพิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากการที่สายกระบวนการใดๆ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดหรือน้อยที่สุดต่อเนื่องกัน r จุดจะมีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดสูงขึ้น เพราะสายกระบวนการที่มีค่าเฉลี่ยมากหรือน้อยกว่าสายกระบวนการอื่นๆ นั้นมีโอกาสที่จะถูกพล็อตลงบนแผนภูมิจะสูงกว่า

- สารสนเทศได้จาก GCC ซึ่งเป็นการใช้ 1 แผนภูมิกับทุกสายกระบวนการ นั้นน้อยกว่าการใช้ 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ ทำให้การแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงกระบวนการทำได้ช้ากว่าและอาจจำเป็นต้องเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม

- แผนภูมิควบคุมกลุ่มที่มีการปรับค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุม

เพื่อแก้ไขจุดด้อยของ GCC ในเรื่องการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสายกระบวนการเพิ่มขึ้น Grimshaw, Bryce, และ Meade (1999) ได้เสนอให้ใช้ GCC ที่มีการปรับค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุม (Control Chart constants) เพื่อให้ค่า ARL_0 คงอยู่ที่ประมาณ 370 แม้ว่าจำนวน

สายกระบวนการเพิ่มขึ้นก็ตาม ทั้งนี้การกำหนดเส้นกึ่งกลาง การพล็อตจุดบนแผนภูมิตลอดจนการตีความสภาวะของกระบวนการของ GCC ที่มีการปรับค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุมนั้นมีวิธีการเช่นเดียวกับ GCC แต่การกำหนดพิกัดควบคุมจะใช้ค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุมที่มีการปรับค่า โดยเลือกตามขนาดของกลุ่มย่อยและจำนวนสายกระบวนการ

- แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการของ Mortell และ Runger (1995)

Mortel และ Runger (1995) ได้เสนอแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการที่สามารถใช้ 1 แผนภูมิควบคุมทุกสายกระบวนการ คือ แผนภูมิค่าสถิติ โดยแผนภูมิค่าสถิติ ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย (grand average) จากทุกสายกระบวนการ เพื่อตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้ทุกสายกระบวนการออกนอกการควบคุม ส่วนแผนภูมิค่าสถิติ สามารถเลือกพล็อตบนแผนภูมิได้ 3 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุม Shewhart, CUSUM, และ EWMA โดยใช้พิสัยของค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการ เพื่อตรวจจับสาเหตุพิเศษที่ทำให้บางสายกระบวนการออกนอกการควบคุม

Mortel และ Runger (1995) ได้เปรียบเทียบความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสายกระบวนการด้วยค่า ARL ระหว่างแผนภูมิต่างๆ ดังรูปที่ 3.10 คือ แผนภูมิ GCC ซึ่งพิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมจากจุดที่ต่อเนื่องกัน (RUNS) แผนภูมิ Shewhart ค่าสถิติ (SHEW) แผนภูมิ CUSUM ค่าสถิติ (CUSR) แผนภูมิ CUSUM ค่าสถิติผลตกค้างที่มากที่สุด (CUSA) และแผนภูมิ EWMA ค่าสถิติ ที่มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.1 (EWM1), 0.3 (EWM3) และ 0.8 (EWM8) ตามลำดับ ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบได้กำหนดให้ค่า ARL_0 ของแผนภูมิให้ใกล้เคียงกัน โดยใช้ค่า ARL_0 ของ GCC เป็นค่าอ้างอิง และใช้การจำลอง (Simulation) ซึ่งกำหนดให้มีสายกระบวนการจำนวน 2, 3, 5 และ 10 สายกระบวนการและมี 1 สายกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (u) เท่ากับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผลสรุปจากการเปรียบเทียบมีดังนี้

- แผนภูมิ Shewhart - R_t จะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงต่ำที่สุดเมื่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการน้อยกว่าสองเท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่หากการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการมากกว่าสองเท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิ Shewhart จะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับแผนภูมิอื่นๆ

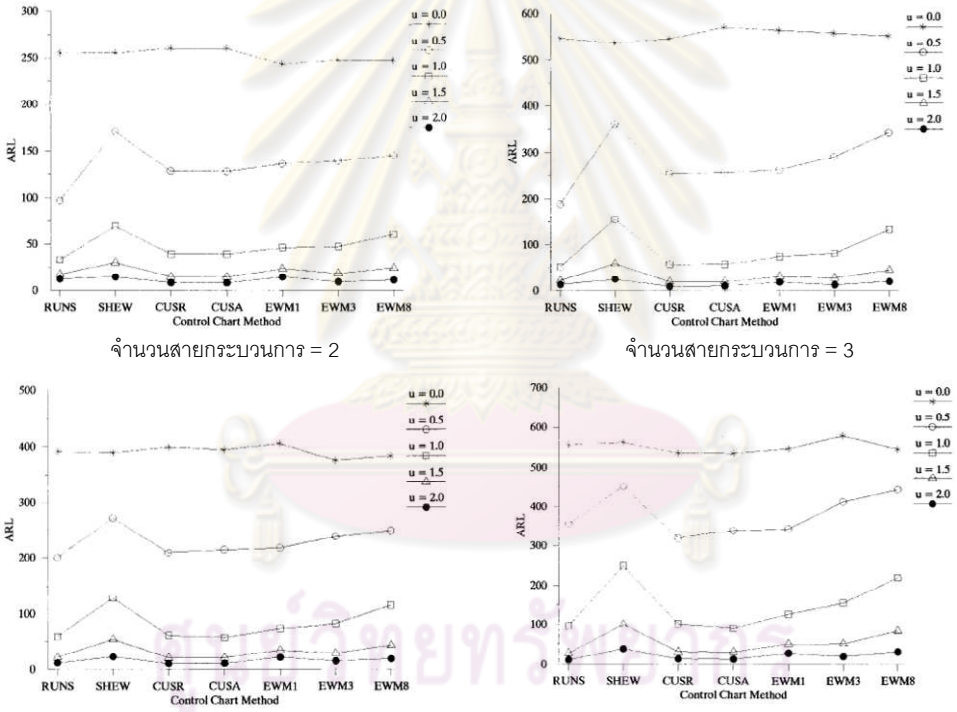
- แผนภูมิ EWMA - R_t นั้นมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่าแผนภูมิ CUSUM - R_t ในทุกการเปรียบเทียบ

- ในกรณีที่สายกระบวนการมีเพียง 2 – 3 สายกระบวนการ และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการต่ำกว่า 1 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน GCC จะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสูงกว่า แผนภูมิ CUSUM - R_t แต่หากการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสาย

กระบวนการสูงกว่า 1 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิ CUSUM - R_t จะมีประสิทธิภาพดีกว่า GCC

- เมื่อจำนวนสายกระบวนการเท่ากับ 5 สายกระบวนการความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของ GCC จะใกล้เคียงกับแผนภูมิ CUSUM - R_t

- เมื่อมีสายกระบวนการมากกว่าหรือเท่ากับ 10 สายกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการมีค่าน้อยกว่า 2 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิ CUSUM - R_t จะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสูงกว่า GCC แต่หากการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการสูงกว่า 2 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน GCC จะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าแผนภูมิ CUSUM - R_t



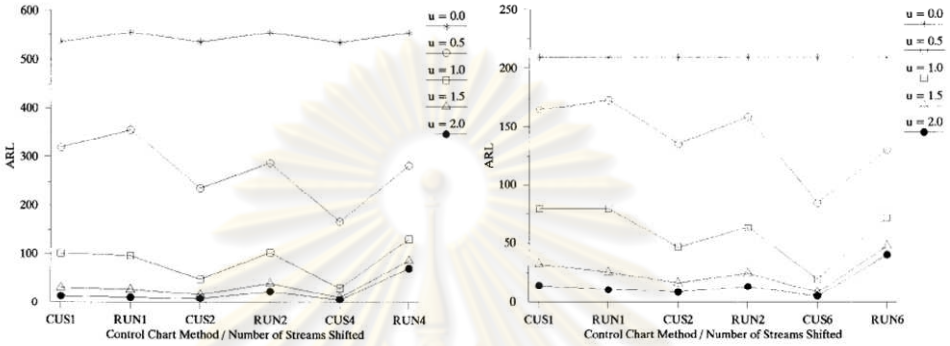
จำนวนสายกระบวนการ = 2 จำนวนสายกระบวนการ = 3

จำนวนสายกระบวนการ = 5 จำนวนสายกระบวนการ = 10

รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบค่า ARL ระหว่างแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการต่างๆ (Mortel และ Runger 1995)

- ในกรณีที่มีสายกระบวนการออกนอกการควบคุมพร้อมกันหลายสายกระบวนการ การเปรียบเทียบความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงด้วยค่า ARL ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง GCC และ CUSUM - R_t ที่มีสายกระบวนการออกนอกการควบคุม 1 สายหรือมากกว่า โดยตัวย่อ RUN1, RUN2, RUN4, RUN6 แทน GCC ที่มีสายกระบวนการออกนอก

การควบคุม 1, 2, 4, และ 6 สายตามลำดับ และ CUS1, CUS2, CUS4, CUS6 แทน CUSUM - R_t ที่มีสายกระบวนการออกนอกการควบคุม 1, 2, 4, และ 6 สายตามลำดับ ผลจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าที่จำนวนสายกระบวนการออกนอกการควบคุมเท่ากันแผนภูมิ CUSUM - R_t นั้นมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสูงกว่า GCC



จำนวนสายกระบวนการ = 10 จำนวนสายกระบวนการ = 20

รูปที่ 3.11 การเปรียบเทียบค่า ARL ระหว่างแผนภูมิควบคุม GCC และ CUSUM - R_t เมื่อมีหลายสายกระบวนการออกนอกการควบคุมพร้อมกัน (Mortel และ Runger, 1995)

การใช้แผนภูมิ CUSUM - R_t นอกจากจะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงดีกว่า GCC ในการตรวจจับสายกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมพร้อมกันหลายสายกระบวนการแล้ว ยังสามารถที่จะออกแบบแผนภูมิ CUSUM - R_t ให้มีค่า ARL_0 ใกล้เคียงกับ 370 ได้ โดยกำหนดค่า k และใช้การจำลอง (Simulation) เพื่อกำหนดพิกัดควบคุม หรือเปลี่ยนรูป (Transform) R_t ให้มีการกระจายตัวแบบปกติแล้วจึงออกแบบแผนภูมิ CUSUM - R_t ที่ถูกเปลี่ยนรูปโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับการออกแบบแผนภูมิ CUSUM - R_t สำหรับการกระจายตัวแบบปกติ

ถึงแม้ว่าแผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และ CUSUM - R_t จะมีข้อดีกว่า GCC หลายประการแต่ แผนภูมิ R_t ก็ยังคงมีจุดด้อย คือ สารสนเทศที่ได้จากแผนภูมินั้นน้อยกว่าการใช้ 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ และหากแต่ละสายกระบวนการมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและค่าสหสัมพันธ์ไขว้ (Cross Correlation) ของสายกระบวนการมีค่าต่ำกว่า 1 แล้ว แผนภูมิ R_t จะมีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเพิ่มขึ้น (Meneces et al., 2008)นอกจากนี้การกำหนดพิกัดควบคุมและการการตีความแผนภูมิ CUSUM - R_t ยังทำได้ยากกว่าการใช้แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการอื่นๆ

- แผนภูมิ Schewhart สำหรับแต่ละสายกระบวนการที่มีการปรับค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุม

ในกรณีที่แต่ละสายกระบวนการมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและค่าสหสัมพันธ์ไขว้ (Cross Correlation) ของสายกระบวนการมีค่าต่ำ การใช้ 1 แผนภูมิควบคุมทุกสายกระบวนการ เช่น แผนภูมิ GCC หรือ แผนภูมิค่าสถิติ $\overline{\overline{X}} - R_t$ จะทำให้มีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเพิ่มขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหานี้ Meneces et al. (2008) ได้เสนอให้ใช้แผนภูมิควบคุม Shewhart 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ โดยมีการปรับค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุมดังตารางที่ 3.5 เพื่อลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดจากการใช้แผนภูมิจำนวนมากในการควบคุมหลายสายกระบวนการ

การใช้แผนภูมิควบคุม 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการนั้นสามารถให้สารสนเทศของกระบวนการได้มากกว่าการใช้ 1 แผนภูมิควบคุมทุกสายกระบวนการ แต่จำนวนแผนภูมิที่ต้องใช้ก็จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนสายกระบวนการ ซึ่งอาจจะทำให้ต้องใช้แผนภูมิเป็นจำนวนมากและไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติเนื่องจากมีทรัพยากรในการควบคุมกระบวนการที่จำกัด

ตารางที่ 3.5 ความกว้างของพิกัดควบคุมสำหรับการใช้แผนภูมิ Shewhart 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ (Meneces et al., 2008)

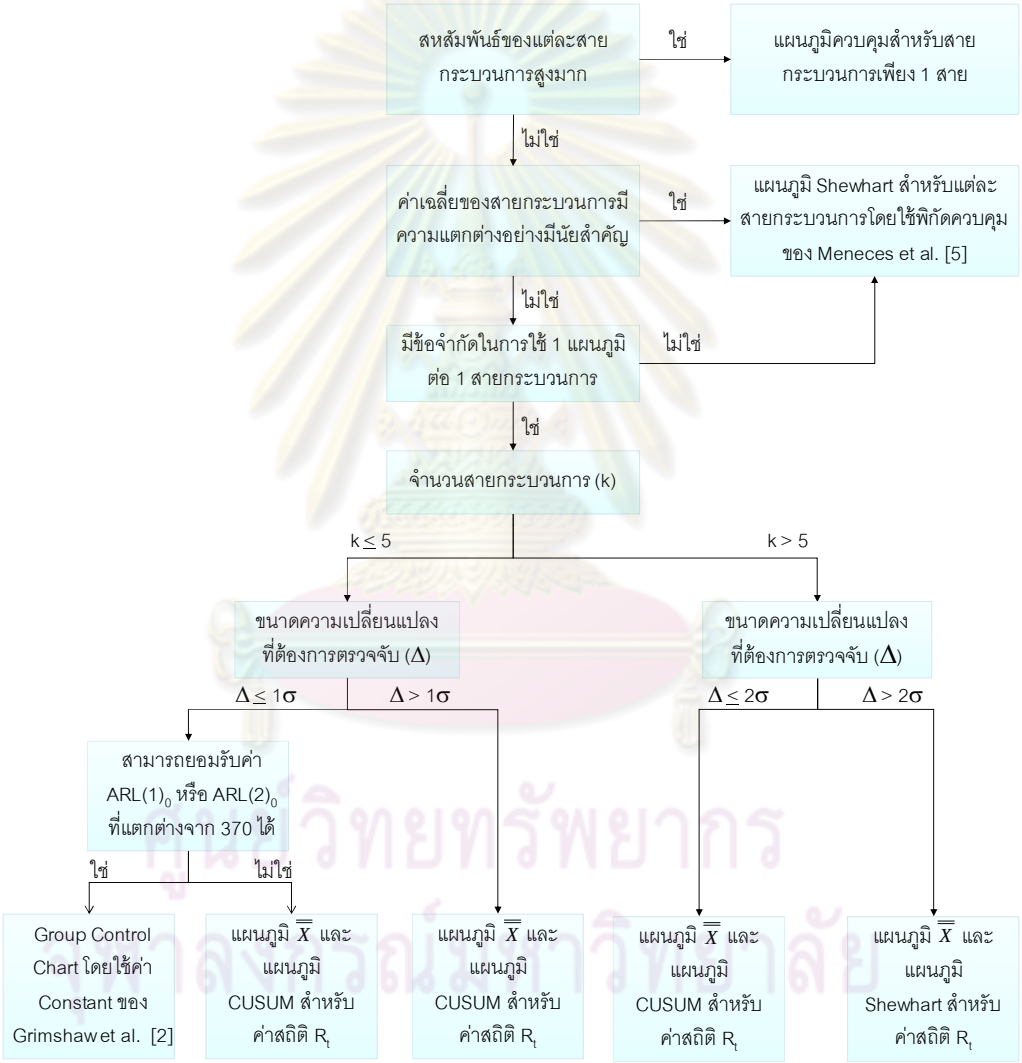
จำนวนสายกระบวนการ k	ความกว้างของพิกัดควบคุม ในหน่วย s
1	3
2	3.2
5	3.46
10	3.64
20	3.82
50	4.04
100	4.2

แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมหลายสายกระบวนการ

ในการเลือกใช้แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการหากพิจารณาถึง สหสัมพันธ์ของสายกระบวนการ ค่า ARL เมื่อกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม (ARL_0) ค่า ARL เมื่อกระบวนการออกนอกสภาวะควบคุม (ARL_1) สารสนเทศที่ได้รับจากแผนภูมิ และจำนวนแผนภูมิที่ต้องใช้ในการควบคุมหลายสายกระบวนการ จะพบว่าไม่มีแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการใดที่ดีกว่าแผนภูมิอื่นในทุกๆ ด้าน ดังนั้นผู้ควบคุมกระบวนการจึงควรเลือกใช้แผนภูมิที่สอดคล้องกับลักษณะของสายกระบวนการ เพราะหากแผนภูมิที่เลือกใช้ไม่มีความเหมาะสมแล้ว การตัดสินใจเกี่ยวกับ

สภาวะของกระบวนการและการดำเนินการแก้ไขปัญหาก็จะมีโอกาสผิดพลาดสูงขึ้นและการใช้ทรัพยากรในการควบคุมกระบวนการก็จะไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 3.12 แสดงแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ โดยมีปัจจัยหลักที่ต้องนำมาพิจารณา คือ สหสัมพันธ์ของสายกระบวนการ จำนวนสายกระบวนการ ข้อจำกัดในการใช้แผนภูมิ 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ ความแตกต่างระหว่างสายกระบวนการ ขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการที่ต้องการตรวจจับ



รูปที่ 3.12 แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ

จากรูปที่ 3.12 หากสหสัมพันธ์ของแต่ละสายกระบวนการมีค่าสูงมากจนเกือบสมบูรณ์ก็สามารถใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับสายกระบวนการเพียง 1 สายได้ แต่หากสหสัมพันธ์ของแต่ละ

สายกระบวนการไม่สูงมาก การใช้แผนภูมิควบคุมกับสายกระบวนการเพียง 1 สายการ จะไม่สามารถประเมินสภาวะของกระบวนการได้อย่างถูกต้อง เพราะแม้ว่าสายกระบวนการที่ถูกประเมินจะอยู่ในสภาวะควบคุม แต่ไม่ได้หมายความว่าสายกระบวนการอื่นอยู่ในสภาวะควบคุมด้วยเช่นกัน

เมื่อค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแล้ว สิ่งที่ผู้ควบคุมกระบวนการควรพิจารณาเป็นลำดับแรกคือการปรับปรุงกระบวนการให้แต่ละสายกระบวนการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งช่วยให้ความผันแปรในภาพรวมลดลง แล้วจึงพิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการที่เหมาะสมต่อไป แต่หากการปรับปรุงนั้นไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการที่ควรใช้คือ แผนภูมิ Shewhart 1 แผนภูมิสำหรับแต่ละสายกระบวนการโดยใช้พิกัดควบคุมของ Meneces et al. (2008) เพื่อลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด

ด้วยเทคโลยีสารสนเทศในปัจจุบันการพล็อตแผนภูมิควบคุมและการแจ้งเตือนสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งข้อมูล การพล็อต และการแจ้งเตือนโดยอัตโนมัติ ดังนั้นถึงแม้ว่าสายกระบวนการจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากค่าสหสัมพันธ์ของสายกระบวนการมีค่าไม่ใกล้เคียง 1 และผู้ควบคุมกระบวนการมีทรัพยากรเพียงพอที่จะสามารถใช้แผนภูมิควบคุม 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการได้โดยที่สามารถควบคุมการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดในภาพรวมให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับ 370 แล้วการใช้แผนภูมิควบคุม 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการนี้จะให้สารสนเทศในการค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้สายกระบวนการสายหนึ่งหรือหลายสายกระบวนการเปลี่ยนแปลงไปได้ดีกว่าการใช้ GCC หรือแผนภูมิค่าสถิติ

ในกรณีที่สายกระบวนการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและมีข้อจำกัดในการใช้แผนภูมิควบคุม 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ การเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการจะพิจารณาจากจำนวนสายกระบวนการและขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการที่ต้องการตรวจจับ ดังนี้

- เมื่อจำนวนสายกระบวนการน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 และขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการที่ต้องการตรวจจับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1σ หากผู้ควบคุมกระบวนการสามารถยอมรับค่า $ARL(1)_0$ หรือ $ARL(2)_0$ ของ GCC ซึ่งแตกต่างจาก ARL_0 ปกติที่ 370 ได้ ก็ควรใช้ GCC โดยใช้ค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุมของ Grimshaw et al. (1999) เนื่องจากกรณีนี้ GCC จะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงดีกว่าแผนภูมิ CUSUM - R_t และการกำหนดพิกัดควบคุมและการตีความ GCC ก็ยังทำได้ง่ายกว่าการใช้ CUSUM - R_t แต่หากค่า $ARL(1)_0$ หรือ $ARL(2)_0$ ของ GCC แตกต่างจาก ARL_0 ปกติที่ 370 จนไม่สามารถยอมรับได้ก็ควร

เลือกใช้แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และ CUSUM - R_t เพราะสามารถออกแบบพิกัดควบคุมให้ ARL_0 ใกล้เคียงกับ 370 ได้

เมื่อจำนวนสายกระบวนการน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 และขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการที่ต้องการตรวจจับมากกว่า 1σ ควรใช้แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และ CUSUM - R_t เพราะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงดีกว่าแผนภูมิอื่นๆ

เมื่อจำนวนสายกระบวนการมากกว่า 5 และขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการที่ต้องการตรวจจับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2σ ควรใช้แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และ CUSUM - R_t เพราะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงดีกว่าแผนภูมิอื่นๆ และสามารถออกแบบแผนภูมิให้ค่า ARL_0 ใกล้เคียงกับ 370 ได้

เมื่อจำนวนสายกระบวนการมากกว่า 5 และขนาดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของสายกระบวนการที่ต้องการตรวจจับมากกว่า 2σ ควรใช้แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และ Shewhart - R_t เพราะมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงดีกว่า GCC และมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับแผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และ CUSUM - R_t นอกจากนี้การกำหนดพิกัดควบคุมและการตีความแผนภูมิ Shewhart - R_t นั้นสามารถทำได้ง่ายกว่าแผนภูมิ CUSUM - R_t และสามารถออกแบบแผนภูมิให้ค่า ARL_0 ใกล้เคียงกับ 370 ได้

2) การเลือกตัวอย่างที่มีการผสมกันจากหลายสายกระบวนการ (Mixing of product from multiple streams) ในกระบวนการที่ชิ้นงานจากแต่ละสายกระบวนการถูกนำมารวมกัน (Mixed) เป็นสายกระบวนการใหม่ การเลือกตัวอย่างจากสายกระบวนการใหม่นี้ จะไม่มีการกำหนดชัดเจนว่าตัวอย่างที่ถูกเลือกนั้นมาจากสายกระบวนการใดบ้างและจำนวนเท่าใด ในกรณีที่แต่ละสายกระบวนการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะทำให้พิกัดควบคุมแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ มีความกว้างกว่าปกติเช่นเดียวกับการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ นอกจากนี้การค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุมจะทำได้ยากและล่าช้า การแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการที่เหมาะสมเช่นเดียวกับการแก้ไขปัญหาจากการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ

3) ปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน (Autocorrelation) โดยทั่วไปแล้วการเก็บตัวอย่างภายในแต่ละกลุ่มย่อยมักจะเก็บตัวอย่างในลำดับที่ต่อเนื่องกัน เพื่อให้โอกาสในการเกิดสาเหตุพิเศษภายในกลุ่มย่อยมีน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามในบางกระบวนการการเก็บกลุ่มย่อยในลำดับที่ต่อเนื่องกันจะทำให้เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน (Autocorrelation) ซึ่งในกรณีที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก (Positively correlated) ก็จะทำให้แผนภูมิควบคุมมีการแจ้งเตือนที่

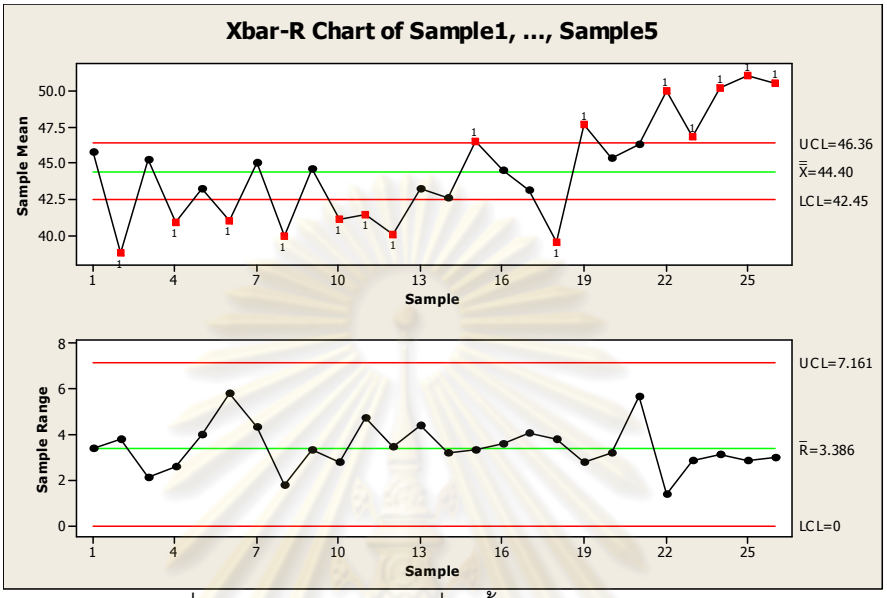
ผิดพลาดอยู่บ่อยครั้ง (Montgomery, 2005) การแก้ไขปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อนในเบื้องต้นทำได้โดยการเก็บตัวอย่างให้มีช่วงเวลาหรือลำดับที่ห่างกันมากขึ้น อย่างไรก็ตามการขยายช่วงเวลาหรือลำดับให้ห่างกันมากขึ้นนี้ก็จะทำให้โอกาสที่สาเหตุพิเศษจะเกิดขึ้นภายในกลุ่มย่อยเพิ่มขึ้นเช่นกัน

4) การกำหนดกลุ่มย่อยที่บ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษ เช่น การกำหนดกลุ่มย่อยจากตัวอย่างที่เป็นค่าวัดหลายๆ ค่าจากชิ้นงานเดียว หรือจากชิ้นงานหลายชิ้นภายในลอตที่ถูกผลิตพร้อมกัน หรือจากชิ้นงานหลายชิ้นที่ผลิตจากวัตถุดิบลอตเดียวกัน ในกรณีเช่นนี้หากความผันแปรภายในกลุ่มย่อยมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความผันแปรระหว่างกลุ่มก็จะทำให้มีจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมเป็นจำนวนมาก และเมื่อค้นพบว่าสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุมมาจากการที่ผลิตต่างลอตกันหรือผลิตจากวัตถุดิบคนละล็อต ก็ไม่สามารถที่จะดำเนินการแก้ไขได้ เพราะสิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นเป็นธรรมดาอยู่แล้วและไม่มีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์หากจะดำเนินการแก้ไข ในโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและผลิตในจำนวนที่ไม่มาก (High Mix Low Volume) ดังเช่นโรงงานกรณีศึกษาพบว่า บางกระบวนการออกนอกการควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนล็อตของวัตถุดิบ แต่ไม่สามารถที่จะดำเนินการแก้ไขได้เนื่องจากไม่มีอำนาจในการต่อรองกับผู้ส่งมอบชิ้นส่วนเพราะมีปริมาณการสั่งซื้อน้อย ปัญหานี้เป็นปัญหาสำคัญที่บั่นทอนความเชื่อมั่นในการใช้งานแผนภูมิควบคุม เพราะเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมอยู่บ่อยครั้งจากสาเหตุเดิมๆ ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ก็จะทำให้ผู้ควบคุมกระบวนการละเลยต่อสัญญาณจากแผนภูมิควบคุมและไม่ดำเนินการค้นหาสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม

การที่จุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมอยู่บ่อยครั้งจากสาเหตุที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ไขนี้เกิดจากการกำหนดตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยที่ไม่ได้นำความผันแปรจากสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นเป็นธรรมดา เช่น ความผันแปรจากการเปลี่ยนลอตของการผลิตหรือวัตถุดิบ ซึ่งถือว่าเป็นความผันแปรจากสาเหตุธรรมดา มาประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่ม ทำให้ค่าความผันแปรภายในกลุ่มมีค่าต่ำกว่าปกติ จึงทำให้พิกัดควบคุมแคบเกินไปจนมีจุดออกนอกการควบคุมบ่อยครั้งเป็นผลให้แผนภูมิควบคุมบ่งชี้ว่าความผันแปรจากสาเหตุธรรมดานี้เป็นความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษ

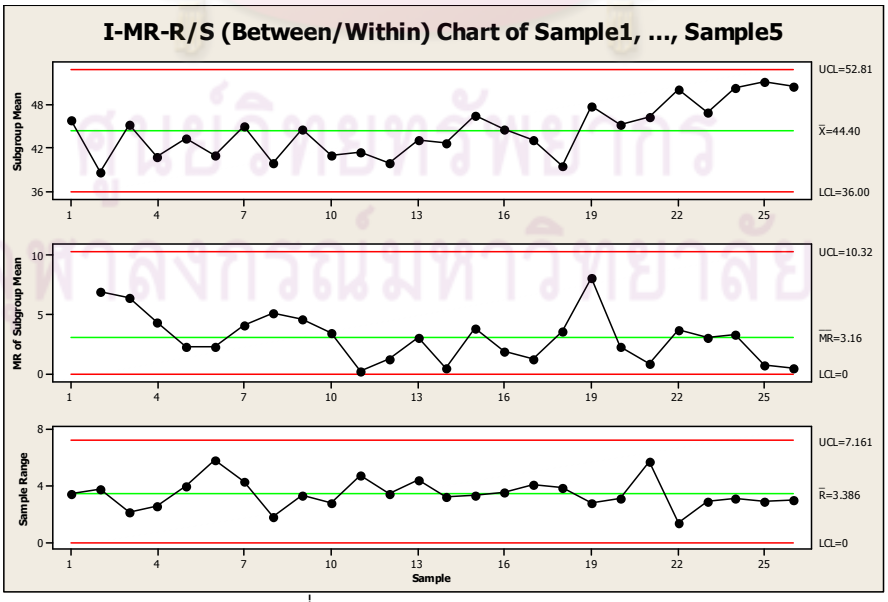
รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่บ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษ จุดพล็อตในแผนภูมิควบคุมพิสัยอยู่ในสภาวะควบคุมแต่แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยมีจุดที่ออกนอกพิกัดควบคุมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยมาจากงานที่ถูกผลิตในลอตเดียวกัน แต่ตัวอย่างระหว่างกลุ่มย่อยมาจากการผลิตต่างลอตกัน ในกรณีนี้ความผันแปรเนื่องจากผลิต

ต่างลอตกันถือว่าเป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นเป็นธรรมดาและไม่มีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์หากจะดำเนินการลดความผันแปรจากการผลิตต่างลอตกัน



รูปที่ 3.13 แผนภูมิควบคุมที่บ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษ

การแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการนำความผันแปรจากสาเหตุธรรมดาที่ถูกบ่งชี้ว่าเป็นสาเหตุพิเศษมาเป็นความผันแปรภายในเพื่อกำหนดพิกัดควบคุม โดยใช้แผนภูมิควบคุมระหว่าง/ภายใน (Between/Within Control Chart) ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผนภูมิควบคุมระหว่าง/ภายใน

แผนภูมิควบคุมระหว่าง/ภายในนี้ประกอบไปด้วยแผนภูมิควบคุมพิสัย แผนภูมิควบคุมพิสัยเคลื่อนที่ และแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยว โดยแผนภูมิควบคุมพิสัยจะแสดงจุดพล็อตของค่าพิสัยภายในกลุ่มย่อย ซึ่งเหมือนกับแผนภูมิควบคุมพิสัยในรูปที่ 3.13 ทุกประการ แผนภูมิควบคุมพิสัยเคลื่อนที่แสดงจุดพล็อตที่เป็นค่าพิสัยเคลื่อนที่ระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อย และแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวแสดงจุดพล็อตซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อย

เมื่อเปรียบเทียบแผนภูมิค่าเฉลี่ยในรูปที่ 3.13 กับแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวในรูปที่ 3.14 จะพบว่าจุดพล็อตบนแผนภูมิทั้งสองนั้นเหมือนกัน ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 แผนภูมินี้อยู่ที่ความกว้างของพิกัดควบคุม โดยพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวนั้นกว้างกว่าพิกัดควบคุมของแผนภูมิค่าเฉลี่ย ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวนั้นได้รวมเอาความผันแปรระหว่างลอตซึ่งเป็นความผันแปรจากสาเหตุธรรมดาเข้ามาเป็นความผันแปรภายใน โดยใช้ค่าพิสัยเคลื่อนที่จากค่าเฉลี่ยระหว่างลอตเป็นตัวประมาณค่า ทำให้จุดพล็อตอยู่ภายในพิกัดควบคุมและแสดงให้เห็นว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม

ข้อพิจารณาในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

1) การบ่งชี้ตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

หลักการพื้นฐานในการการบ่งชี้ตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยสำหรับแผนภูมิควบคุมทุกชนิด คือ ตัวอย่างที่ถูกบ่งชี้เพื่อนำมารวมกันเป็นกลุ่มย่อยควรที่จะสะท้อนสภาวะของกระบวนการในช่วงเวลาที่กลุ่มย่อยถูกใช้เป็นตัวแทนได้อย่างเหมาะสม และทำให้การบ่งชี้หรือการสืบกลับเพื่อหาสาเหตุพิเศษทำได้สะดวก นอกจากนี้การเก็บข้อมูลจากตัวอย่างควรที่จะสามารถทำได้ด้วยวิธีการที่สม่ำเสมอและวัดค่าได้อย่างถูกต้อง

การเลือกตัวอย่างเพื่อนำมารวมกันเป็นกลุ่มย่อยต้องให้ตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยมีเนื้อเดียวกัน โดยรวมความผันแปรที่เกิดขึ้นจากสาเหตุธรรมดาไว้อย่างครบถ้วน และต้องไม่รวมความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษ เพื่อให้การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยมีค่าที่เหมาะสมคือ ไม่สูงเกินไป (Over estimate) และไม่ต่ำเกินไป (Under estimate) จากความผิดพลาดทั่วไปในการกำหนดกลุ่มย่อย สามารถสังเกตได้ว่าในกรณีของการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิหรือการเลือกตัวอย่างที่มีการผสมกันจากหลายสายกระบวนการนั้น จะทำให้การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยสูงเกินไป (Over estimate) และการกำหนดกลุ่มย่อยที่บ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษนั้นจะทำให้การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยต่ำเกินไป (Under estimate)

2) การกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย

ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผนภูมิควบคุมเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic design of Control Charts) เป็นจำนวนมาก ซึ่งการกำหนดขนาดและความถี่ในการสุ่มตัวอย่างถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม อย่างไรก็ตามสำหรับโรงงานกรณีศึกษานั้นยังขาดความพร้อมในการออกแบบแผนภูมิควบคุมเชิงเศรษฐศาสตร์หลายประการคือ

ตัวแบบทางเศรษฐศาสตร์ที่จะนำมาใช้ต้องมีความสอดคล้องกับการวิธีการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงาน และสามารถนำไปใช้งานได้กับหน่วยธุรกิจต่างๆ ที่มีความหลากหลายภายในโรงงาน การที่จะกำหนดตัวแบบทางเศรษฐศาสตร์ให้ได้ตามข้อกำหนดเหล่านี้จำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ที่เป็นปัจจัยนำเข้าของตัวแบบ เช่น เวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุม ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบชิ้นงาน ฯลฯ นั้นยังไม่ได้มีการเก็บหรือจัดทำไว้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ข้อมูลในด้านการเงินบางอย่างนั้นถือเป็นความลับซึ่งผู้ควบคุมกระบวนการไม่สามารถเข้าถึงได้

ความซับซ้อนของตัวแบบจะทำให้การสร้างความเข้าใจและการยอมรับจากผู้ควบคุมกระบวนการทำได้ลำบาก นอกจากนี้ขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นในการออกแบบแผนภูมิควบคุมเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะการรวบรวมและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เป็นปัจจัยนำเข้าของตัวแบบจะทำให้มีแรงต้านจากผู้ควบคุมกระบวนการในการนำตัวแบบไปใช้งานจริง

จากข้อจำกัดในการออกแบบแผนภูมิควบคุมเชิงเศรษฐศาสตร์เหล่านี้ ทำให้งานวิจัยนี้ได้พิจารณาการกำหนดขนาดและความถี่ในการสุ่มตัวอย่างสำหรับโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติร่วมกับความรู้ความเข้าใจในกระบวนการของผู้ควบคุมกระบวนการเป็นหลัก

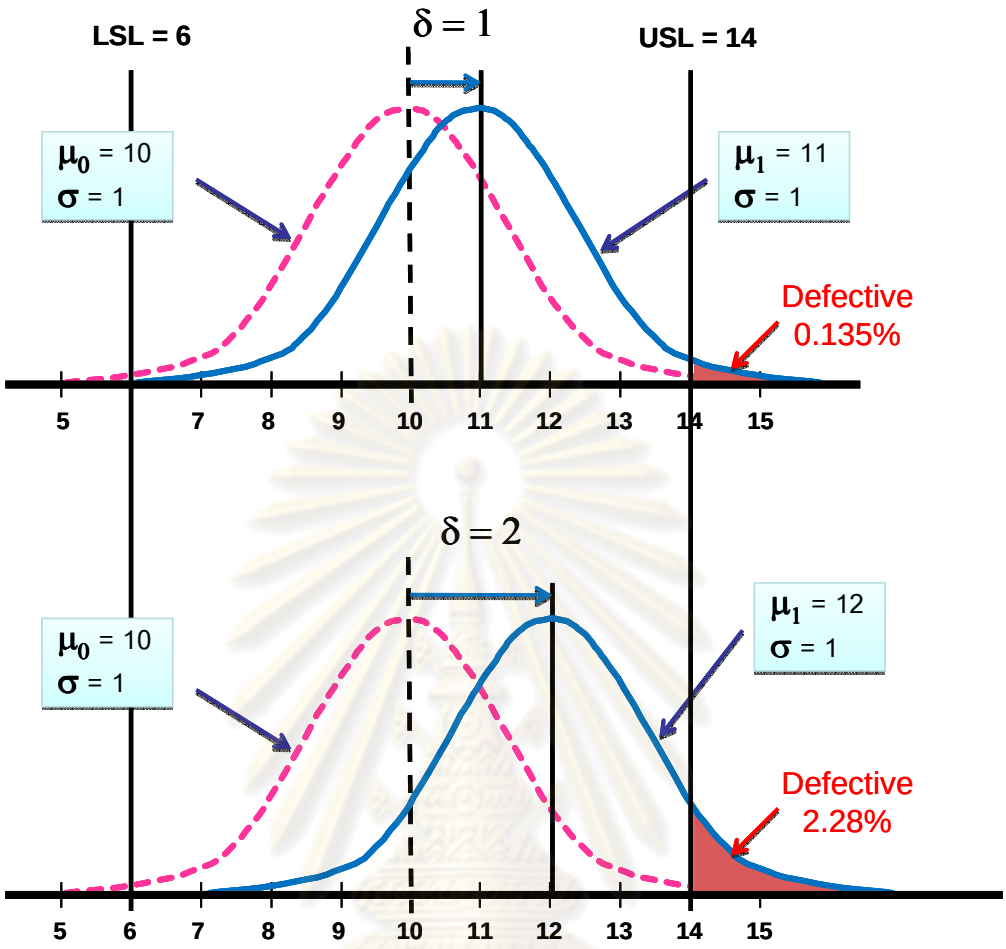
หลักการพื้นฐานในกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ของกลุ่มย่อยสำหรับแผนภูมิควบคุมทุกชนิดคือ ขนาดของกลุ่มย่อยต้องเพียงพอที่จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่ผู้ควบคุมกระบวนการพิจารณาแล้วว่ามีนัยสำคัญได้อย่างทันท่วงที แต่ต้องไม่มีขนาดที่ใหญ่เกินไปจนตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีนัยสำคัญ ในกรณีของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะขนาดตัวอย่างจะต้องไม่น้อยเกินไปจนเมื่อพบข้อบกพร่อง 1 ชนิดหรือของเสียเพียง 1 ตัวแล้วทำให้แผนภูมิควบคุมบ่งชี้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย ต้องไม่ห่างกันจนเกินไปจนทำให้เกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย และต้องไม่สั้นจนเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน การกำหนดความถี่ของการสุ่มตัวอย่างของกลุ่มย่อยต้องเพียงพอที่จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตงานที่ด้อยคุณภาพออกมาเป็นจำนวนมาก AIAG (1995) เสนอว่าในช่วงเริ่มต้นของการศึกษากระบวนการความถี่ในการเก็บข้อมูลควรมีความถี่สูง เพื่อ

ตรวจจับความเปลี่ยนแปลงและความไม่เสถียรของกระบวนการที่มักจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ เมื่อกระบวนการมีความเสถียรแล้วความถี่ในการเก็บข้อมูลก็สามารถที่จะลดลงได้โดยการขยายระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างระหว่างกลุ่มย่อย

ขั้นตอนการกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยสำหรับแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

1) กำหนดขนาดความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับ

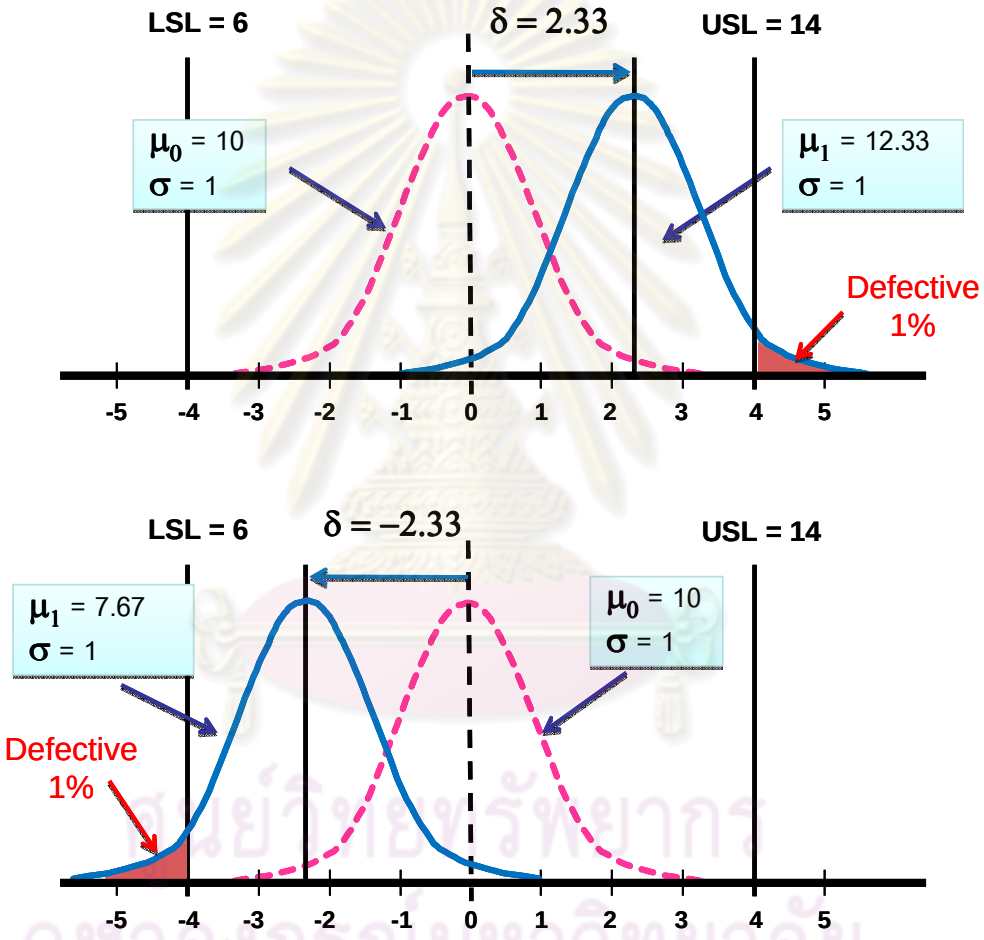
ผู้ควบคุมกระบวนการจำเป็นต้องกำหนดขนาดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีนัยสำคัญ (δ) โดยพิจารณาจากผลกระทบเมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มย่อยที่เหมาะสม โดยไม่ให้มีขนาดใหญ่เกินไปจนตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่มีขนาดเล็กและไม่มีนัยสำคัญสำหรับการควบคุมกระบวนการ หรือไม่ให้มีเล็กเกินไปจนไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญได้ เช่น จากรูปที่ 3.15 กระบวนการผลิตหนึ่งมีการกระจายตัวแบบปกติ โดยมีพิกัดข้อกำหนดบนและล่างเท่ากับ 14 และ 6 ตามลำดับ เป้าหมายในการควบคุมกระบวนการนี้คือ ไม่ให้มีสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเกินกว่า 1% เมื่อกระบวนการอยู่ในสภาวะปกติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการจะอยู่ที่ μ_0=10 และ σ=1 ตามลำดับ ในสภาวะเช่นนี้ของเสียที่เกิดขึ้นกับกระบวนการจะมีค่าต่ำมากและน้อยกว่า 1% เมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย ปริมาณสัดส่วนของเสียสามารถประมาณค่าได้จากค่าความน่าจะเป็นของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Cumulative Standard Normal Distribution Function) โดยใช้การคำนวณแบบด้านเดียวเนื่องจากค่าความน่าจะเป็นอีกด้านมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เช่น เมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยไปเป็น μ_1=11 สัดส่วนของเสียจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 0.135% และหากกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยไปเป็น μ_1=12 สัดส่วนของเสียจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2.28% ผู้ควบคุมกระบวนการอาจจะพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 กรณีนี้มีนัยสำคัญที่แตกต่างกันได้ โดยมองว่าเปลี่ยนแปลงในกรณีแรกยังไม่มีนัยสำคัญเนื่องจากมีปริมาณของเสียเท่ากับ 0.135% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเป้าหมายมาก แต่สำหรับกรณีที่ 2 ปริมาณของเสียเพิ่มขึ้นเป็น 2.28% ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายจึงมีนัยสำคัญที่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3.15 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

หากผู้ควบคุมกระบวนการต้องการหาการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ทำให้มีของเสียเกิดขึ้นเท่ากับค่าเป้าหมาย ก็สามารถทำได้โดยหาค่าตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน (Z) โดยการผกผันฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Inverse Cumulative Standard Normal Distribution Function) อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้นี้จะอยู่ในหน่วยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคูณค่าการเปลี่ยนแปลงในรูปตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐานด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการเพื่อให้ได้ค่าที่อยู่ในหน่วยของค่าวัดของกระบวนการ เช่น จากกระบวนการในรูปที่ 3.15 หากผู้ควบคุมกระบวนการต้องการหาการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่ทำให้มีของเสียเกิดขึ้นเท่ากับค่าเป้าหมายคือ 1% ค่าตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐานที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 1% คือ 2.33 ค่าที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าหากค่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 2.33 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการจะทำให้โอกาสที่จะเกิดของเสียเท่ากับ 1% เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของ

กระบวนการอยู่ในหน่วยวัดเดียวกันกับค่าวัดของกระบวนการ จึงต้องคูณค่าการเปลี่ยนแปลงนี้ด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่จะทำให้มีโอกาสที่จะเกิดของเสียเท่ากับ 1% คือ 2.33 x 1 = 2.33 หน่วยวัดของกระบวนการดังรูปที่ 3.16 ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้นี้คือขนาดความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับด้วยแผนภูมิควบคุมซึ่งผู้ควบคุมกระบวนการจำเป็นต้องนำไปใช้ในการกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยอย่างเหมาะสม



รูปที่ 3.16 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ทำให้มีของเสียเกิดขึ้นเท่ากับค่าเป้าหมาย

2) กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแผนภูมิควบคุม

ตัวชี้วัดที่ถูกใช้ในการประเมินประสิทธิภาพเชิงสถิติของแผนภูมิควบคุม คือ ค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) และระยะเวลาเฉลี่ยในการส่งสัญญาณ (Average Time to Signal หรือ ATS) ในการศึกษาวิจัยประสิทธิภาพเชิงสถิติของแผนภูมิควบคุมนั้นจะใช้ค่า ARL เนื่องจากค่า ATS นั้นขึ้นกับระยะเวลาในการกำหนดความถี่ของการเก็บข้อมูลซึ่งมักจะถูกกำหนดตามความเหมาะสม

โดยผู้ควบคุมกระบวนการ แต่ในเชิงปฏิบัติผู้ควบคุมกระบวนการนั้นสามารถเลือกที่จะกำหนดประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมโดยใช้ค่า ARL หรือ ATS ก็ได้ เช่น แผนภูมิควบคุมหนึ่งมีค่า ARL ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ เท่ากับ 3 และมีความถี่ในการเก็บข้อมูลเพื่อพล็อตแผนภูมิทุก 2 ชั่วโมง จะได้ค่า ATS เท่ากับ 6 ชั่วโมง แต่หากเปรียบเทียบประโยคที่กำหนดประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมระหว่าง “แผนภูมิควบคุมจะต้องสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ ได้โดยเฉลี่ยที่ 6 ชั่วโมงภายหลังจากที่กระบวนการได้มีการเปลี่ยนแปลง” กับ “แผนภูมิควบคุมจะต้องตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ ได้หลังจากที่พล็อตจุดบนแผนภูมิควบคุมโดยเฉลี่ย 3 จุด ภายหลังจากที่กระบวนการได้มีการเปลี่ยนแปลง” จะพบว่าในเชิงปฏิบัติการกำหนดประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมโดยใช้ ATS จะทำให้การตีความและการทำความเข้าใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้งานแผนภูมิควบคุมนั้นดีกว่าการใช้ค่า ARL แต่ในกรณีที่กระบวนการผลิตไม่มีความต่อเนื่อง หรือปริมาณการผลิตในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันมาก เช่น การผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้มีการผลิตเป็นบางครั้ง หรือมีการหยุดผลิตในช่วงเวลา ในกรณีเช่นนี้ควรใช้ค่า ARL แทนค่า ATS เพื่อหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้นได้

นอกจากการกำหนดประสิทธิภาพด้วยค่า ARL หรือ ATS แล้ว ผู้ควบคุมกระบวนการยังสามารถกำหนดประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมได้โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีนัยสำคัญด้วยจุดพล็อตจุดแรกภายหลังจากที่กระบวนการได้มีการเปลี่ยนแปลง เช่น แผนภูมิควบคุมจะต้องสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% จากจุดพล็อตจุดแรกภายหลังจากที่กระบวนการได้มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับมีค่าน้อย การกำหนดประสิทธิภาพเช่นนี้จะทำให้การกำหนดกลุ่มย่อยไม่มีความยืดหยุ่นหรืออาจจะไม่สามารถกำหนดกลุ่มย่อยที่มีเหตุผลได้เนื่องจากจำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยที่ต้องใช้มีจำนวนมากจนทำให้กลุ่มย่อยที่ได้ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันหรือมีโอกาสสูงที่จะเกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย

3) กำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ ของกลุ่มย่อย

วิธีการกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ ของกลุ่มย่อยนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแผนภูมิควบคุมที่เลือก คือ ARL, ATS หรือระดับความเชื่อมั่นในการตรวจจับด้วยจุดพล็อตจุดแรก โดยมีวิธีการดังนี้

กรณีกำหนดระดับความเชื่อมั่นในการตรวจจับด้วยจุดพล็อตจุดแรก:

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาขนาดของกลุ่มย่อย

กลไกการทำงานของแผนภูมิควบคุมนั้นเป็นการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ โดยเป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรหนึ่งประชากรแบบสองทาง โดยประชากรมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่าความแปรปรวน ในกรณีนี้ Montgomery (2003) ได้แสดงสมการสำหรับการหาขนาดตัวอย่างของกลุ่มย่อยไว้ดังนี้

$$n \approx \frac{(z_{\alpha/2} + z_{\beta})^2 \sigma^2}{\delta^2} \quad (1)$$

โดยที่ n คือ จำนวนขนาดของกลุ่มย่อย

$z_{\alpha/2}$ คือ ตำแหน่งที่ $100\alpha/2$ เปอร์เซ็นต์ไทล์ด้านบนของการกระจายตัวแบบปกติมาตรฐาน

z_{β} คือ ตำแหน่งที่ 100β เปอร์เซ็นต์ไทล์ด้านบนของการกระจายตัวแบบปกติมาตรฐาน

σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

δ คือ ขนาดความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดความถี่และช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย

เมื่อได้ขนาดของกลุ่มย่อยที่ต้องการแล้วผู้ควบคุมกระบวนการจะต้องกำหนดความถี่และช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย โดยการกำหนดความถี่ควรพิจารณาถึงความสะดวกในการเก็บข้อมูล การตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษให้ทันท่วงที และจำนวนตัวอย่างที่มีภายในระยะเวลาระหว่างความถี่ของการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งจะต้องมากกว่าขนาดของกลุ่มย่อยที่คำนวณได้ ส่วนช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละกลุ่มย่อยควรให้มีช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลที่สั้นที่สุดเพื่อลดโอกาสที่จะเกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย แต่ต้องระวังไม่ให้สั้นจนเกินไปจนเกิดปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน

การกำหนดกลุ่มย่อยโดยวิธีนี้จะขาดความยืดหยุ่นเพราะขนาดของกลุ่มย่อยจะมีเพียงขนาดเดียว และในกรณีที่ขนาดความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับมีค่าน้อย อาจจะไม่สามารถกำหนดกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลโดยให้มีจำนวนตัวอย่างตามที่คำนวณได้ เนื่องจากขนาดตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยใหญ่เกินไปจนทำให้มีโอกาสสูงที่จะเกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย หรือจำนวนตัวอย่างภายในระยะเวลาระหว่างความถี่มีไม่เพียงพอกับขนาดของกลุ่มย่อยที่ต้องการ

กรณีกำหนดค่า ARL:

การกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ ของกลุ่มย่อยสำหรับกรณีนี้นั้นคล้ายคลึงกับกรณีการกำหนดระดับความเชื่อมั่นในการตรวจจับด้วยจุดพล็อตจุดแรก แต่จะต้องมีการคำนวณหาค่า β จากค่า ARL_1 ที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำมาคำนวณหาขนาดของกลุ่มย่อยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่า β

ค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ยในกรณีที่กระบวนการออกนอกสภาวะควบคุมหรือ ARL_1 สามารถคำนวณได้จาก

$$ARL_1 = \frac{1}{1-\beta} \tag{2}$$

โดยที่ β คือ ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) หรือโอกาสที่จะไม่สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้

ดังนั้นจากค่า ARL_1 ที่ถูกกำหนดไว้ ค่า β สามารถคำนวณได้โดย

$$\beta = 1 - \frac{1}{ARL_1} \tag{3}$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาขนาดของกลุ่มย่อย

นำค่า β ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 1 มาหาค่า z_β แล้วหาขนาดของกลุ่มย่อยด้วยสมการที่ 1

ขั้นตอนที่ 3: กำหนดความถี่และช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย

มีวิธีการเช่นเดียวกับการกำหนดความถี่และช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยสำหรับกรณีกำหนดระดับความเชื่อมั่นในการตรวจจับด้วยจุดพล็อตจุดแรก

กรณีกำหนดค่า ATS:

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดทางเลือกในการกำหนดขนาดและความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย

ระยะเวลาเฉลี่ยในการส่งสัญญาณหรือ ATS คือ

$$ATS = ARL\, h \tag{4}$$

โดยที่ ARL คือ ค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ยของแผนภูมิควบคุม

h คือ ระยะเวลาระหว่างความถี่ในการเก็บข้อมูลแต่ละกลุ่มย่อย

การกำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ เพื่อให้แผนภูมิควบคุมมีค่า ATS ใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้นั้นมีความยืดหยุ่นเนื่องจากสามารถกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยได้หลายแบบ เช่น ในกรณีที่ผู้ควบคุมกระบวนการต้องการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้ได้โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกับ 6 ชั่วโมง โดยใช้สมการที่ 1, 2 และ 4 ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถกำหนดขนาดและความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยได้หลายแบบดังตารางที่ 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 การกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยเพื่อตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้มีระยะเวลาเท่ากับ 6 ชั่วโมง

n	β	ARL	l	h (hour)	ATS
1	0.93	14.97	15.0	0.40	6
2	0.81	5.27	10.5	1.14	6
3	0.66	2.91	8.7	2.06	6
4	0.50	2.00	8.0	3.00	6
5	0.36	1.57	7.8	3.83	6
6	0.25	1.33	8.0	4.50	6
7	0.17	1.20	8.4	5.00	6
8	0.11	1.12	9.0	5.36	6
9	0.07	1.07	9.6	5.60	6
10	0.04	1.04	10.4	5.76	6
11	0.02	1.02	11.3	5.86	6
12	0.01	1.01	12.2	5.92	6
13	0.01	1.01	13.1	5.95	6
14	0.00	1.00	14.1	5.97	6
15	0.00	1.00	15.0	5.99	6
16	0.00	1.00	16.0	5.99	6
17	0.00	1.00	17.0	6.00	6
18	0.00	1.00	18.0	6.00	6
19	0.00	1.00	19.0	6.00	6
20	0.00	1.00	20.0	6.00	6

ขั้นตอนที่ 2 กลั่นกรองทางเลือกในการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อย

เนื่องจากทางเลือกในการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยให้มีค่า ATS เท่ากับค่าเป้าหมายนั้นมีเป็นจำนวนมากดังนั้นจึงควรมีการกลั่นกรองทางเลือกในเบื้องต้นก่อนดำเนินการตัดสินใจเลือกการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อย โดยกลั่นกรองให้เหลือเฉพาะทางเลือกที่มีขนาดตัวอย่างไม่ใหญ่จนเกินไป และความถี่นั้นมีความสะดวกในการเก็บตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด

จากการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยเพื่อตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้มีระยะเวลาเท่ากับ 6 ชั่วโมงดังตารางที่ 3.6 พบว่าค่า β จะมีค่าลดลงเมื่อ n เพิ่มขึ้นและที่ $n \geq 9$ ค่า β จะต่ำกว่า 10% และค่า ARL จะเข้าใกล้ 1 นอกจากนี้การกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยที่มากกว่า 9 ตัวอย่างนั้นไม่ได้ทำให้ค่า ARL ของแผนภูมิควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด ดังนั้นช่วงขนาดของกลุ่มย่อยที่ควรนำมาพิจารณาจึงอยู่ในช่วง 1-9 ตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาถึงความสะดวกในการกำหนดความถี่สำหรับการเก็บตัวอย่างภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถเลือกความถี่หรือค่า h ที่เมื่อนำ 6 ชั่วโมงมาหารด้วยค่า h นี้แล้วจะไม่มีเศษเหลือ คือ h = 6 หรือ 3 หรือ 2 หรือ 1 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาขนาดของกลุ่มย่อยในช่วง 1-9 ตัวอย่าง จะพบว่าขนาดของกลุ่มย่อยที่มีค่า h ใกล้เคียงกับค่า 6, 3, 2, และ 1 คือ ขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 9, 4, 3, และ 2 ตัวอย่างตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาเลือกทางเลือกในการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อย

ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถกำหนดเกณฑ์ต่างๆ ในการเลือกการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยได้ เช่น ค่า ATS ที่ได้เทียบกับค่า ATS เป้าหมาย ความสะดวกในการเก็บข้อมูลตามความถี่ที่กำหนด ค่าคาดหมายของจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงหรือ I โดย $I = nARL$ โอกาสที่จะเกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย เป็นต้น

จากทางเลือกที่กลั่นกรองแล้วในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้มีระยะเวลาใกล้เคียงกับ 6 ชั่วโมงในขั้นตอนที่ 2 เมื่อนำขนาดของกลุ่มย่อยที่ 9, 4, 3, และ 2 ตัวอย่างมาหาค่า ARL และ ATS และ I จะมีค่าดังตารางที่ 3.7

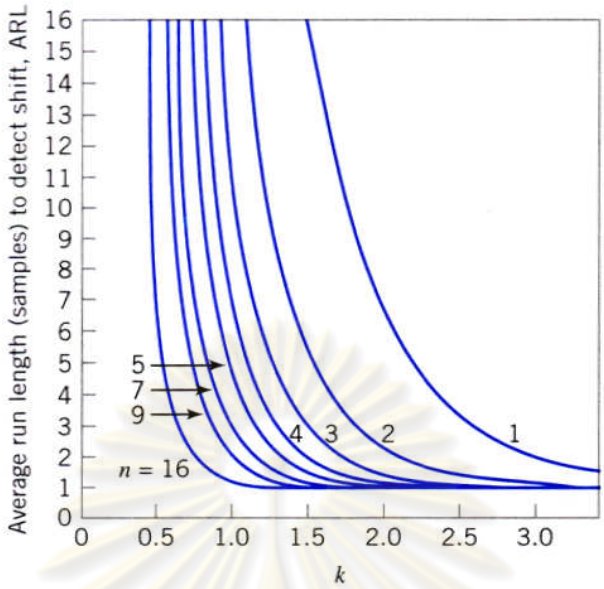
ตารางที่ 3.7 การกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อยเพื่อตรวจจับความเปลี่ยนแปลงขนาด 1.5σ ให้มีระยะเวลาใกล้เคียงกับ 6 ชั่วโมง

n	β	ARL	I	h (hour)	ATS
2	0.81	5.27	10.5	1.00	5.27
3	0.66	2.91	8.7	2.00	5.82
4	0.50	2.00	8.0	3.00	6.00
9	0.07	1.07	9.6	6.00	6.43

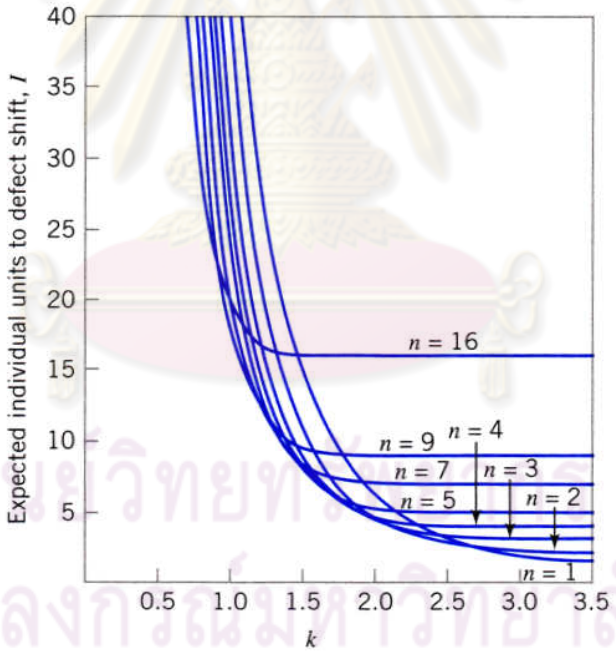
จากตารางที่ 3.7 ที่ขนาดกลุ่มย่อยเท่ากับ 4 และความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยคือทุก 3 ชั่วโมง ค่า ATS ที่ได้เท่ากับ 6 ชั่วโมงซึ่งเท่ากับค่าเป้าหมาย และ I มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการกำหนดขนาดและความถี่แบบอื่นๆ ดังนั้นหากโอกาสที่จะเกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในระหว่างการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยที่เท่ากับ 4 นี้มีโอกาสน้อยและผู้ควบคุมกระบวนการสามารถเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยได้ทุก 3 ชั่วโมงแล้ว ก็ควรที่จะเลือกการกำหนดขนาดและความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะนี้

ข้อสังเกตในการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อย

Juran (2000: 45.4-45.5) กล่าวว่า “การเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยขนาดเล็กแต่มีความถี่สูงนั้นดีกว่าการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยขนาดใหญ่แต่มีความถี่ต่ำ” คำกล่าวนี้สามารถถูกสนับสนุนได้โดย Montgomery (2005: 221) ได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของค่าเฉลี่ยในหน่วย σ ดังรูปที่ 3.17 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดหมายของจำนวนชิ้นงาน (I) ที่ต้องใช้ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการด้วยแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของค่าเฉลี่ยในหน่วย σ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 กราฟแสดงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของค่าเฉลี่ยในหน่วย kσ (Montgomery, 2005: 221)



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดหมายของจำนวนชิ้นงานที่ต้องใช้ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการด้วยแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในหน่วย kσ (Montgomery, 2005: 221)

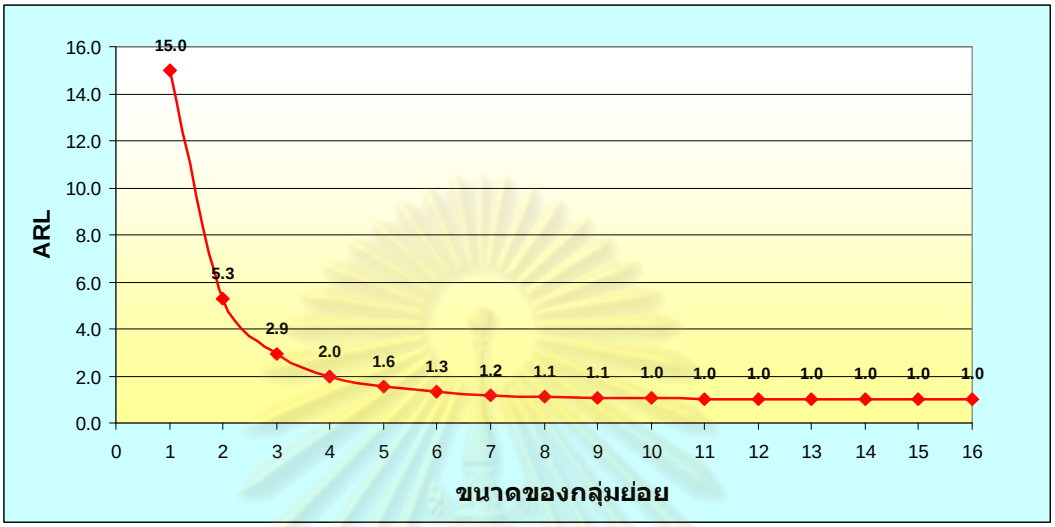
หากความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับคือ 1.5σ เมื่อพิจารณาจากค่า ARL ดังรูปที่ 3.17 ผู้ควบคุมกระบวนการอาจจะตัดสินใจกำหนดขนาดของกลุ่ม

ย่อยเท่ากับ 9 ตัวอย่างเพราะ ARL มีค่าเข้าใกล้ 1 แต่หากพิจารณาจากรูปที่ 3.18 แล้วจะพบว่าค่าคาดหมายของจำนวนตัวอย่างจากการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 3 นั้นต่ำกว่าค่าคาดหมายของจำนวนตัวอย่างจากการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 9 ดังนั้นหากผู้ควบคุมกระบวนการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 3 ตัวอย่างโดยเพิ่มความถี่เป็น 3 เท่าของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยเท่ากับ 9 ตัวอย่าง ก็จะทำให้การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ มีความรวดเร็วขึ้น และยิ่งการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมากกว่า 1.5σ เท่าใดการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 3 ก็จะยิ่งมีความรวดเร็วในการตรวจจับมากขึ้นกว่าการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยขนาดเล็กแต่มีความถี่สูงนั้นดีกว่าการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยขนาดใหญ่แต่มีความถี่ต่ำ

จากรูปที่ 3.17 และ 3.18 เมื่อความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการน้อยกว่า 1.5σ ค่า ARL และค่าคาดหมายของจำนวนชิ้นงานที่ต้องใช้ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการสนับสนุนว่าแผนภูมิ $\bar{x}$ นั้นด้อยประสิทธิภาพในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่น้อยกว่า 1.5σ ดังนั้นในกรณีนี้จึงควรใช้แผนภูมิ CUSUM หรือ EWMA ซึ่งมีการเก็บข้อมูลตัวอย่างเดี่ยวจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้แผนภูมิ $\bar{x}$ อย่างไรก็ตามในกรณีที่จำนวนของกลุ่มย่อยที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายและการจัดการในการเก็บข้อมูลมากนัก และผู้ควบคุมกระบวนการต้องการลดความซับซ้อนของแผนภูมิที่ใช้ควบคุมกระบวนการก็สามารถใช้แผนภูมิ $\bar{x}$ ได้ แต่จะต้องมีการคำนวณหาขนาดของตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงได้ และต้องพิจารณาถึงสาเหตุพิเศษที่อาจจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากขึ้นจากการที่ต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลในจำนวนที่มากขึ้น เช่น การวัดค่าความแข็งแรงของลวดเชื่อมของอุปกรณ์ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการทดสอบแบบทำลาย โดยปกติแล้วอุปกรณ์ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หนึ่งตัวจะมีลวดเชื่อมจำนวนหลายเส้น และไม่ว่าจะดึงลวดเชื่อมเพียง 1 เส้นหรือหลายเส้น ค่าใช้จ่ายก็ไม่ได้เพิ่มขึ้นมากนักและแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้นก็ถูกทำลายเช่นเดียวกัน ดังนั้นถึงแม้ว่าความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับน้อยกว่า 1.5σ แต่หากจำนวนลวดเชื่อมของอุปกรณ์ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หนึ่งตัวมีเพียงพอกับขนาดของตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ และโอกาสที่จะเกิดสาเหตุพิเศษภายในกลุ่มย่อยยังคงมีน้อย แม้ว่าระยะเวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละกลุ่มย่อยจะนานขึ้นจากการที่ต้องดึงลวดเชื่อมเพิ่มขึ้นก็สามารถใช้แผนภูมิ $\bar{x}$ ได้

จากรูปที่ 3.17 เมื่อความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเท่ากับ 1.5σ ค่า ARL ของกลุ่มย่อยที่มีขนาดตัวอย่างที่มากกว่าหรือเท่ากับ 7 มีค่าใกล้เคียงกัน และจากรูปที่ 3.19 เมื่อกลุ่มย่อยมีขนาดมากกว่า 10 ขึ้นไปค่า ARL จะมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากต้องการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.5σ ด้วยแผนภูมิ $\bar{x}$ ขนาดของกลุ่ม

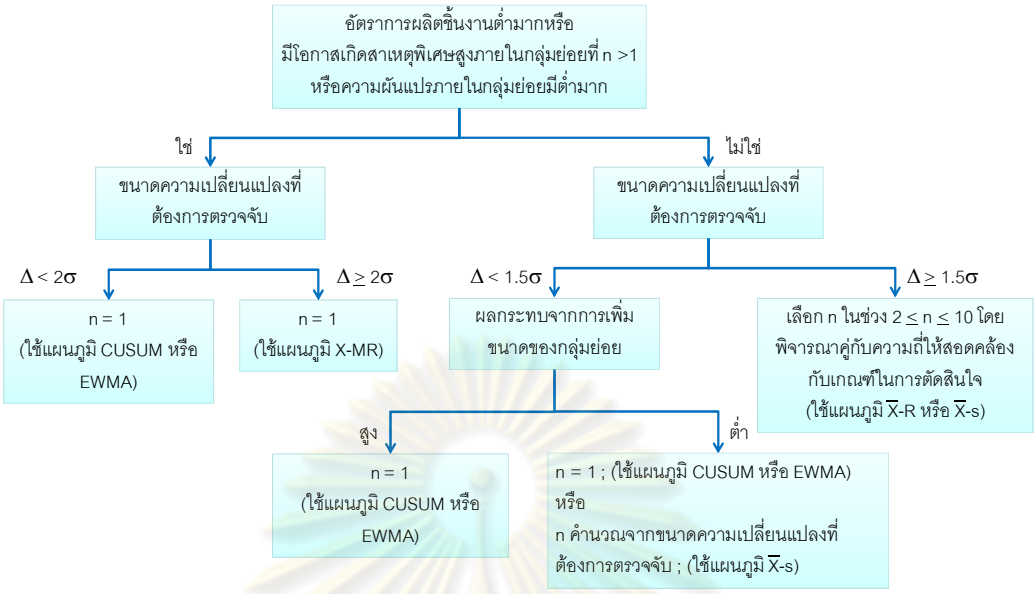
ย่อยที่ใช้ไม่ควรเกิน 10 เพราะขนาดของกลุ่มย่อยที่เกิน 10 นั้นไม่ได้ทำให้ค่า ARL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



รูปที่ 3.19 ค่า ARL ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1.5σ ด้วยแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ขนาดกลุ่มย่อยต่างๆ

โดยทั่วไปขนาดของกลุ่มย่อยของแผนภูมิ $\bar{x}$ ที่ตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องแนะนำคือ 4-5 ตัวอย่าง เพราะจะทำให้แผนภูมิควบคุมมีความทนทานต่อข้อมูลที่ไม่กระจายตัวแบบปกติ อย่างไรก็ตาม ขนาดของกลุ่มย่อย 4-5 นี้ไม่ได้เป็นขนาดที่เหมาะสมเสมอไป เช่น ในกรณีที่ดัชนีความสามารถของกระบวนการมีค่าสูงมากจนทำให้ค่าความแตกต่างที่ต้องการตรวจจับเท่ากับ 2.5σ และผู้ควบคุมกระบวนการกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 90% ในการตรวจจับด้วยจุดพล็อตจุดแรก จากการคำนวณหาขนาดโดยใช้สมการที่ 1 ขนาดของกลุ่มย่อยที่เหมาะสมกับกรณีนี้คือ 3 ตัวอย่าง หากผู้ควบคุมกระบวนการได้ตรวจสอบการกระจายตัวของค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยนี้แล้วว่ามีการกระจายตัวแบบปกติก็สามารถที่จะใช้ขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 3 ตัวอย่างได้

จากหลักการพื้นฐานและข้อสังเกตในการกำหนดขนาดและความถี่ของกลุ่มย่อย แนวทางในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แนวทางในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยสำหรับแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

ในกรณีที่อัตราการผลิตชิ้นงานต่ำมากหรือมีโอกาสเกิดสาเหตุพิเศษสูงเมื่อขนาดของกลุ่มย่อยมากกว่า 1 การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยจะมีค่าสูงเกินไปทำให้แผนภูมิควบคุมขาดประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลง หรือหากขนาดของกลุ่มย่อยมากกว่า 1 แต่กลุ่มย่อยมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากเกินไปจนการประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยมีค่าต่ำเกินไปทำให้แผนภูมิควบคุมบ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษ กรณีเหล่านี้การกำหนดกลุ่มย่อยที่มีขนาดมากกว่า 1 ตัวอย่างไม่สามารถทำได้ จึงจำเป็นต้องกำหนดให้ขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 1 ทั้งนี้แผนภูมิควบคุมที่จะเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับคือ หากขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับน้อยกว่า 2σ ก็ควรที่จะใช้แผนภูมิ CUSUM, EWMA และหากขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับมากกว่า 2σ ก็สามารถที่จะใช้แผนภูมิ X-MR ได้ ทั้งนี้เนื่องจากค่า ARL ของแผนภูมิ X-MR จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับน้อยกว่า 2σ ดังรูปที่ 3.18

หากกลุ่มย่อยสามารถถูกกำหนดให้มีขนาดมากกว่า 1 โดยไม่ประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยสูงหรือต่ำเกินไปแล้ว ก็ให้พิจารณาขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับ ถ้าขนาดการเปลี่ยนแปลงมากกว่า 1.5σ ก็ให้ใช้แผนภูมิ $\bar{x}$-R หรือ $\bar{x}$-s โดยกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยในช่วง 2-10 ตัวอย่าง และพิจารณาควบคู่ไปกับความถี่เพื่อให้เป็นไปตามค่า ATS หรือตามเกณฑ์การตัดสินใจที่กำหนด แต่หากขนาดการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับน้อยกว่า 1.5σ ก็สามารถใช้ขนาดของกลุ่มย่อยเท่ากับ 1 โดยแผนภูมิควบคุมที่สามารถเลือกใช้ได้ คือ CUSUM, EWMA หรือหากผลกระทบจากการใช้กลุ่มย่อยที่มีขนาดใหญ่ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่า

1.5σ มีน้อย ก็สามารถที่จะใช้แผนภูมิ $\bar{x}$-s โดยคำนวณหาขนาดของกลุ่มย่อยให้มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงตามที่ต้องการได้ แต่ไม่ควรใช้แผนภูมิ $\bar{x}$-R เพราะในกรณีที่ขนาดของกลุ่มย่อยเกินกว่า 10 ตัวอย่าง การประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรด้วยค่าพิสัยจะมีความผิดพลาดมากขึ้น

สรุปการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

วัตถุประสงค์หลักในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล คือ การทำให้แผนภูมิควบคุมสามารถแยกสาเหตุพิเศษออกจากสาเหตุธรรมดาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความเหมาะสมในการใช้ทรัพยากรและสามารถดำเนินการและจัดการได้อย่างสะดวก อย่างไรก็ตามการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลนั้นไม่มีวิธีการที่ตายตัว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมความผิดพลาดที่มักจะเกิดขึ้นในการกำหนดกลุ่มย่อยตลอดจนแนวทางแก้ไข และแนวทางในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ความผิดพลาดในการกำหนดกลุ่มย่อยและแนวทางแก้ไข

- การเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิและการเลือกตัวอย่างที่มีการผสมกันจากหลายสายกระบวนการแก้ไขได้โดยการใช้แผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการที่เหมาะสม
- ปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อนสามารถแก้ไขเบื้องต้นได้โดยการเก็บตัวอย่างให้มีช่วงเวลาหรือลำดับที่ห่างกันมากขึ้น
- การกำหนดกลุ่มย่อยที่บ่งชี้สาเหตุธรรมดาเป็นสาเหตุพิเศษแก้ไขได้โดยใช้แผนภูมิควบคุมระหว่าง/ภายใน

แนวทางในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

- ขนาดและความถี่ของการสุ่มตัวอย่างของกลุ่มย่อยควรถูกพิจารณาควบคู่กันเพื่อให้สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที และสามารถดำเนินการและจัดการได้สะดวก ทั้งนี้ขนาดของกลุ่มย่อยต้องไม่ใหญ่เกินไปจนตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีนัยสำคัญหรือมีโอกาสสูงที่จะเกิดสาเหตุพิเศษภายในกลุ่มย่อย สำหรับขนาดของกลุ่มย่อยของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะจะต้องไม่น้อยเกินไปจนเมื่อพบข้อบกพร่อง 1 ชนิดหรือของเสียเพียง 1 ตัว แล้วทำให้แผนภูมิควบคุมบ่งชี้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม
- ช่วงเวลาในการเก็บแต่ละตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย ต้องไม่ห่างกันจนเกินไปจนทำให้เกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย และต้องไม่สั้นจนเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน

การกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลจำเป็นต้องอาศัยความรู้เชิงสถิติตลอดจนความเข้าใจในกระบวนการ โดยผู้ควบคุมกระบวนการอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนการกำหนดกลุ่มย่อยอยู่หลายครั้งจนกว่าจะได้กลุ่มย่อยที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการดำเนินการเช่นนี้จะทำให้ผู้ควบคุมกระบวนการเข้าใจถึงที่มาของความผันแปรภายในและระหว่างกลุ่มย่อย ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต

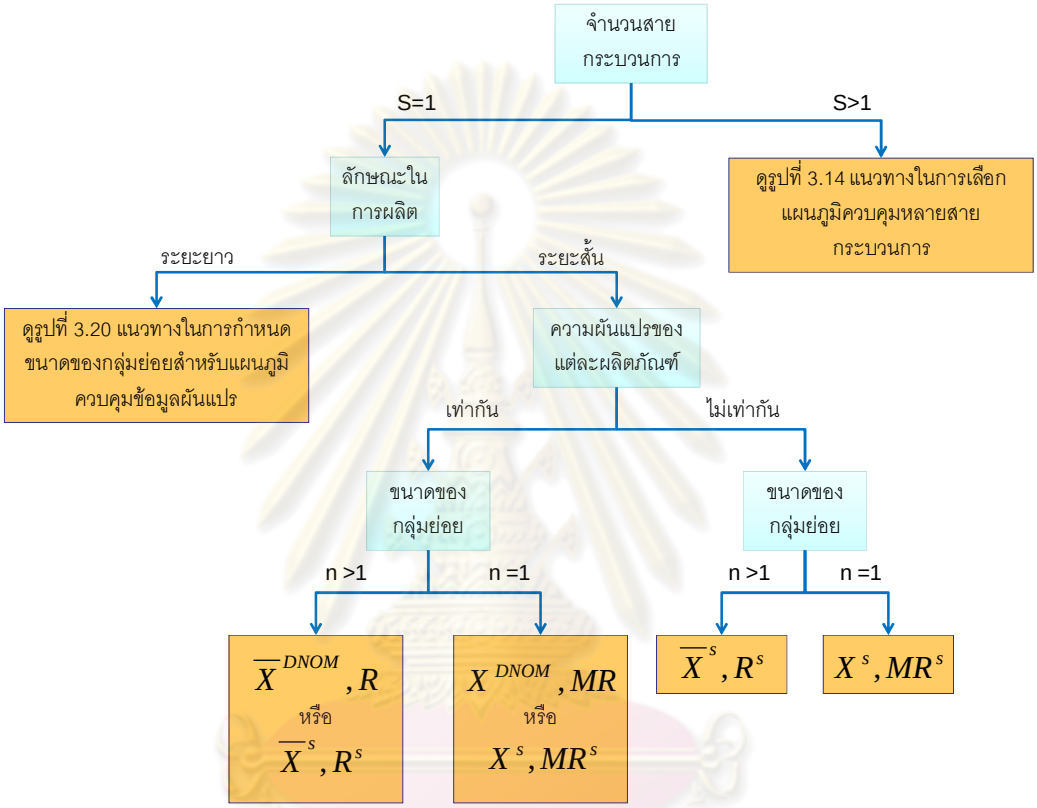
3.5 การบ่งชี้ข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

การใช้แผนภูมิควบคุมจะช่วยให้ผู้ควบคุมกระบวนการทราบว่าเมื่อไรที่กระบวนการออกนอกการควบคุม อย่างไรก็ตามแผนภูมิควบคุมไม่ได้ระบุว่ามีสาเหตุพิเศษใดเกิดขึ้นกับกระบวนการ แต่เป็นหน้าที่ของผู้ควบคุมกระบวนการในการดำเนินการค้นหาสาเหตุพิเศษนั้นและกำจัดทิ้ง หากการใช้แผนภูมิควบคุมควบคู่ไปกับการค้นหาสาเหตุและกำจัดทิ้งสามารถทำให้ความผันแปรในกระบวนการผลิตลดลงได้ก็จะทำให้ผู้ควบคุมการผลิตมีความเชื่อมั่นต่อการใช้งานแผนภูมิควบคุม แต่หากผู้ควบคุมกระบวนการไม่สามารถที่จะค้นหาสาเหตุและกำจัดทิ้งได้อยู่บ่อยครั้ง ก็จะทำให้ผู้ควบคุมกระบวนการละเลยต่อสัญญาณจากแผนภูมิควบคุมโดยไม่ดำเนินการค้นหาสาเหตุและกำจัดทิ้ง อันเป็นการนำไปสู่การ “มี” แผนภูมิควบคุมเพียงเพื่อตอบแสดงให้ผู้ตรวจประเมินหรือลูกค้าเห็นว่ามีแผนภูมิควบคุมอยู่ แต่ไม่ได้ถูกใช้งานอย่างมีประสิทธิผลเพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต ดังนั้นการค้นหาสาเหตุและกำจัดทิ้งเป็นขั้นตอนที่สำคัญและเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการใช้แผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล

เพื่อให้การค้นหาสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล ตั้งแต่เริ่มต้นใช้งานแผนภูมิควบคุมจึงจำเป็นต้องมีการบ่งชี้ข้อมูลที่คาดว่าจะมีผลต่อพารามิเตอร์ที่ควบคุมตามแนวทางของ Dasgupta (2003) โดยใช้แผนภูมิสาเหตุและผลลัพธ์ และออกแบบใบตรวจสอบ (Check sheet) เพื่อเก็บข้อมูลเหล่านี้ควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูลของพารามิเตอร์ในตอนเริ่มสร้างแผนภูมิควบคุม ดังนั้นเมื่อมีจุดพล็อตที่ออกนอกการควบคุม ภายหลังจากที่เส้นพิกัดควบคุมทดลอง (Trial Control Limit) ได้ถูกกำหนดขึ้นเมื่อมีข้อมูลของพารามิเตอร์มีเพียงพอ ผู้ควบคุมการผลิตก็จะสามารถนำข้อมูลที่ถูกเก็บควบคู่กับไปนี้มาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression) การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) ฯลฯ เพื่อหาสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุมได้ทันที นอกจากนี้ AIAG (1995) ได้เสนอให้มีการเก็บบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (Process log) เพื่อให้การตรวจสอบหาสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในกระบวนการ เช่น การปรับตั้งเครื่องจักร การเปลี่ยนแปลงรุ่น (lot) ของวัตถุดิบ ฯลฯ ทำได้ง่ายขึ้น

3.6 การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม

แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปรและแผนภูมิควบคุมข้อมูลเชิงลักษณะสำหรับโรงงานกรณีศึกษาสรุปได้ดังรูปที่ 3.21 และ 3.22 ตามลำดับ



รูปที่ 3.21 แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

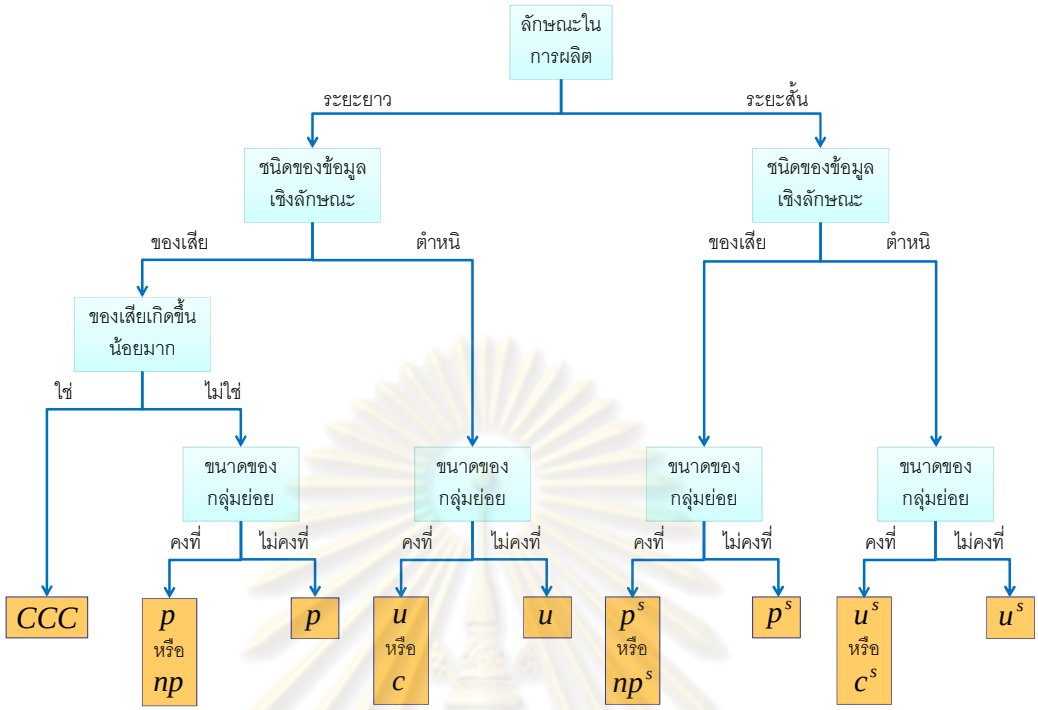
ประเด็นหลักที่ต้องพิจารณาในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปรดังรูปที่ 3.21 คือ

- จำนวนสายกระบวนการที่ต้องการควบคุม หากมีจำนวนสายกระบวนการที่ต้องการควบคุมมากกว่า 1 แล้วก็ต้องพิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการดังรูปที่ 3.12
- ลักษณะในการผลิตว่าเป็นระยะสั้นหรือระยะยาว ทั้งนี้เนื่องจากในการรับจ้างผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์นั้นมีความหลากหลายและในแต่ละผลิตภัณฑ์ก็ยังมีรุ่นย่อยๆ อีกเป็นจำนวนมาก ลักษณะการผลิตจึงมีทั้งการผลิตที่มีการผสมกันระหว่างรุ่นหรือผลิตภัณฑ์น้อยแต่ปริมาณการผลิตมาก (Low-Mixed High-Volume) และการผลิต

ที่มีการผสมกันระหว่างรุ่นหรือผลิตภัณฑ์มากแต่ปริมาณการผลิตน้อย (High-Mix Low-Volume) กรณีแรกสามารถที่จะเลือกใช้แผนภูมิควบคุมโดยขึ้นอยู่กับการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลและขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับดังรูปที่ 3.20 แต่สำหรับกรณีหลังนี้การผลิตในแต่ละรุ่นจะมีลักษณะการผลิตเป็นระยะสั้นๆ (Short run) ตามแต่คำสั่งผลิตของลูกค้า การใช้แผนภูมิควบคุมกับการผลิตในแต่ละรุ่นจะทำให้ต้องสร้างแผนภูมิควบคุมเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การเก็บข้อมูลอาจจะขาดความต่อเนื่องหรือในบางครั้งข้อมูลที่ได้มีจำนวนน้อยเกินไปจนไม่สามารถคำนวณพิกัดควบคุมทดลองได้ เพราะไม่มีคำสั่งผลิตจากลูกค้า ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับการผลิตระยะสั้น (Short-Run Control Charts)

งานวิจัยนี้ได้นำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมสำหรับการผลิตระยะสั้นของ Kubiak และ Benbow (2009) มาปรับใช้ โดยมีแผนภูมิ 4 ชนิดคือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยโดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ($\overline{X}^{DNOM}, R$) แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่โดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (X^{DNOM}, MR) แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยมาตรฐาน (Standardized $\overline{X}, R$) และแผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน (Standardized X, MR) ข้อพิจารณาในการเลือกแผนภูมิสำหรับการผลิตระยะสั้นคือ ความเท่ากันของความผันแปรของแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์ และขนาดของกลุ่มย่อย โดยแผนภูมิ $\overline{X}^{DNOM} - R$ และแผนภูมิ $X^{DNOM} - R$ จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อความผันแปรของแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากันเท่านั้น หากความผันแปรของแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากันก็จำเป็นต้องใช้แผนภูมิที่ปรับค่าความเบี่ยงเบนให้เป็นค่ามาตรฐานคือ แผนภูมิ Standardized $\overline{X} - R$ หรือ แผนภูมิ Standardized $\overline{X} - MR$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.22 แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลเชิงลักษณะ

ข้อพิจารณาในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลเชิงลักษณะดังรูปที่ 3.22 คือ

- ลักษณะในการผลิต หากการผลิตมีลักษณะเป็นการผลิตระยะสั้นก็ต้องใช้แผนภูมิที่มีการปรับค่าให้เป็นค่ามาตรฐานคือ p^s, np^s, u^s, หรือ c^s
- ชนิดของข้อมูลลักษณะ หากข้อมูลเป็นของเสียแผนภูมิที่ใช้ได้คือ p, np p^s หรือ np^s แต่หากเป็นข้อมูลตำหนิแผนภูมิที่ใช้ได้คือ u, c, u^s, หรือ c^s
- ขนาดของกลุ่มย่อย หากกลุ่มย่อยมีขนาดไม่คงที่จะไม่สามารถเลือกใช้แผนภูมิ np, c, np^s หรือ c^s ได้

นอกจากนี้สำหรับข้อมูลของเสีย หากกระบวนการมีของเกิดขึ้นน้อยมากก็ควรเลือกใช้แผนภูมิควบคุมนับสะสม เพราะการใช้แผนภูมิ p หรือ np จะทำให้ขนาดของกลุ่มย่อยที่ต้องใช้ในการตรวจจับสาเหตุพิเศษมีขนาดใหญ่มาก หรือไม่สามารถเก็บข้อมูลให้มีขนาดเท่ากับที่กำหนดได้ภายในระยะเวลาที่ต้องการ

3.7 การออกแบบแผนภูมิควบคุม

3.7.1 กำหนดรูปแบบของแผนภูมิควบคุม

นอกจากการแสดงจุดพล็อตบนแผนภูมิแล้วแผนภูมิควบคุมควรมีองค์ประกอบอื่นๆ เพื่อให้สารสนเทศที่จำเป็น เช่น ชื่อของกระบวนการ พารามิเตอร์ที่ควบคุม แผนการสุ่มตัวอย่าง ส่วนบันทึกและแสดงข้อมูล ส่วนบันทึกการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ (Process log) ส่วนบันทึกสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นและการดำเนินการแก้ไข เป็นต้น

3.7.2 ดำเนินการเก็บข้อมูลตามการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

ในการข้อมูลดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดพิกัดควบคุมทดลอง จำนวนของข้อมูลจะต้องมีจำนวนอย่างน้อย 25 กลุ่มย่อย และมีจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 100 ตัว AIAG (2005)

3.7.3 คำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมและกำหนดเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุม

เส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมที่ถูกกำหนดขึ้นในตอนเริ่มต้นนั้นเป็นเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมทดลองซึ่งคำนวณจากค่าสถิติของกลุ่มย่อยโดยใช้กลุ่มย่อยอย่างน้อย 25 กลุ่มย่อยที่มีจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 100 ตัว เมื่อนำค่าสถิติมาพล็อตลงบนแผนภูมิหากจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมทดลองหรือการวิ่งของจุดพล็อตไม่มีลักษณะเป็นแบบสุ่มแสดงว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม เส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมทดลองที่ได้จะยังไม่สามารถนำไปใช้ควบคุมกระบวนการได้เพราะเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมทดลองที่เหมาะสมนั้นจะต้องถูกคำนวณมาจากข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุมเท่านั้น ในกรณีนี้ผู้ควบคุมกระบวนการจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม เมื่อสาเหตุพิเศษถูกค้นพบก็ต้องคำนวณเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมทดลองใหม่โดยไม่นำจุดพล็อตในช่วงที่มีสาเหตุพิเศษเกิดขึ้นมาคำนวณ และดำเนินการเช่นนี้ซ้ำๆ จนกว่าจุดพล็อตทั้งหมดอยู่ภายในพิกัดควบคุมและการวิ่งของจุดพล็อตมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้เส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมที่ได้ก็สามารถนำไปเริ่มต้นใช้ควบคุมกระบวนการได้

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติ เส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมสำหรับแต่แผนภูมิควบคุมแต่ละชนิดมีดังนี้

3.7.3.1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย $(\overline{X}, R)$

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย: $$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

พิสัยของกลุ่มย่อย: $$R = \max(x_i) - \min(x_i)$$

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย: $\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j}{m}$

ค่าเฉลี่ยของพิสัย: $\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{m} R_j}{m}$

แผนภูมิค่าเฉลี่ย

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$

แผนภูมิพิสัย

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3\overline{R}$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยวภายในกลุ่มย่อย

n = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

A_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}, s$)

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย: $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย: $\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j}{m}$

ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน: $\bar{s} = \frac{\sum_{j=1}^{m} s_j}{m}$

แผนภูมิค่าเฉลี่ย

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\bar{X}} = \overline{\overline{X}} + A_3\bar{s}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\bar{X}} = \overline{\overline{X}} - A_3\bar{s}$

แผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เส้นกึ่งกลาง: $CL_s = \bar{s}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_s = B_4\bar{s}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_s = B_3\bar{s}$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยวภายในกลุ่มย่อย

n = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

$A_3,\ B_3,\ B_4$ = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.3 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ (X, MR)

ค่าตัวอย่างเดี่ยว: x_i , $i = 1,...,n$

พิสัยเคลื่อนที่ $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$, $i = 2,...,n$

ค่าเฉลี่ย $\overline{X} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

ค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่ $\overline{MR} = \dfrac{\sum_{i=2}^{n} MR_i}{n-1}$

แผนภูมิตัวอย่างเดี่ยว

เส้นกึ่งกลาง: $CL_X = \overline{X}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_X = \overline{X} + E_2\overline{MR}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_X = \overline{X} - E_2\overline{MR}$

แผนภูมิพิสัยเคลื่อนที่

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{MR} = \overline{MR}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{MR} = D_4\overline{MR}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{MR} = D_3\overline{MR}$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างเดี่ยว

$E_2,\ D_3,\ D_4$ = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7.3.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p)

สัดส่วนของเสียของกลุ่มย่อย: $p_i = \frac{D_i}{n_i}$, $i = 1,...,m$

ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสีย: $\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{m} D_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_p = \overline{p}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_p = \overline{p} + 3\frac{\sqrt{\overline{p}(1-\overline{p})}}{\sqrt{n_i}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_p = \overline{p} - 3\frac{\sqrt{\overline{p}(1-\overline{p})}}{\sqrt{n_i}}$

เมื่อ D_i = จำนวนของเสียภายในกลุ่มย่อย

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

3.7.3.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np)

จำนวนของเสียภายในกลุ่มย่อย: np_i , $i = 1,...,m$

ค่าเฉลี่ยจำนวนของเสีย $\overline{np} = \frac{\sum_{i=1}^{m} np_i}{m}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{np} = \overline{np}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{np} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{np} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$

เมื่อ m = จำนวนของกลุ่มย่อย

3.7.3.6 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วย (u)

จำนวนตำหนิต่อหน่วย: $u_i = \frac{c_i}{n_i}$, $i = 1,...,m$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_u = \overline{u} = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิกัดควบคุมบน: $UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$

เมื่อ c_i = จำนวนตำหนิภายในกลุ่มย่อย

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

3.7.3.7 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ (c)

จำนวนตำหนิภายในกลุ่มย่อย: c_i , $i = 1,...,m$

ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิ: $\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_i}{m}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_c = \bar{c}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

เมื่อ m = จำนวนของกลุ่มย่อย

3.7.3.8 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม ($CUSUM$)

ผลรวมสะสมด้านบน: $C_i^+ = \max[0, x_i - (\mu_0 + K) + C_{i-1}^+]$

ผลรวมสะสมด้านล่าง: $C_i^- = \min[0, x_i - (\mu_0 - K) + C_{i-1}^-]$

เส้นกึ่งกลาง $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = H$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -H$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยว

μ_0 = ค่าเป้าหมายสำหรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

โดย $K = k\sigma$ คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ $H = h\sigma$ คือ ความกว้างของพิกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ควบคุมเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Montgomery (2005) อ้างอิงจาก Hawkins (1993) ได้แสดงค่า k และ h สำหรับแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ให้ค่า ARL_0 เท่ากับ 370 ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ค่า k และ h สำหรับแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ให้ค่า ARL_0 เท่ากับ 370

k	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
h	8.01	4.77	3.34	2.52	1.99	1.61

3.7.3.9 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียล ($EWMA$)

EWMA: $z_i = \lambda x_i + (1-\lambda) z_{i-1}$

เส้นกึ่งกลาง: μ_0

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}[1-(1-\lambda)^{2i}]}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}[1-(1-\lambda)^{2i}]}$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยว

λ = ค่าถ่วงน้ำหนัก โดย $0 < \lambda < 1$

μ_0 = ค่าเป้าหมายสำหรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

L = ความกว้างของพิกัดควบคุม

σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

การกำหนดค่า L และ λ สามารถพิจารณาได้จากค่า ARL ในตารางที่ 3.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.9 ค่า ARL สำหรับแผนภูมิ EWMA ที่ค่า L และ λ ต่างๆ

(Montgomery 2005 ดัดแปลงจาก Lucau และ Saccucci 1990)

Shift in Mean (Multiple of σ)	L = 3.054 λ = 0.40	2.998 0.25	2.962 0.20	2.814 0.10	2.615 0.05
0	500	500	500	500	500
0.25	224	170	150	106	84.1
0.50	71.2	48.2	41.8	31.3	28.8
0.75	28.4	20.1	18.2	15.9	16.4
1.00	14.3	11.1	10.5	10.3	11.4
1.50	5.9	5.5	5.5	6.1	7.1
2.00	3.5	3.6	3.7	4.4	5.2
2.50	2.5	2.7	2.9	3.4	4.2
3.00	2.0	2.3	2.4	2.9	3.5
4.00	1.4	1.7	1.9	2.2	2.7

3.7.3.10 แผนภูมิควบคุมนับสะสม (CCC)

จำนวนนับสะสม $CC_i = n_i + CC_{i-1}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = \frac{0.7}{\overline{p}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = -\frac{Ln(\alpha/2)}{\overline{p}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \frac{(\alpha/2)}{\overline{p}}$

เมื่อ n_i = จำนวนตัวอย่างที่ไม่ใช่ของเสียในกลุ่มย่อย

α = ค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error)

$\overline{p}$ = ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสียของกระบวนการ

3.7.3.11 แผนภูมิ Shewhart สำหรับแต่ละสายกระบวนการโดยใช้พิกัดควบคุมของ Meneces et al. (2008)

การออกแบบแผนภูมิในกรณีนี้จะมีวิธีการคล้ายคลึงกับการออกแบบแผนภูมิ $\overline{X}-R$ $\overline{X}-s$ หรือ $X-MR$ แต่มีความแตกต่างในการกำหนดความกว้างของพิกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิ $\overline{X}$ และ X คือ

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \mu + L\sigma$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \mu - L\sigma$

โดยค่า L จะขึ้นอยู่กับจำนวนสายกระบวนการที่ควบคุมดังตารางที่ 3.5 ทั้งนี้การประมาณค่า σ สามารถประมาณได้จาก $\frac{\overline{R}}{d_2}$ หรือ $\frac{\bar{s}}{c_4}$ หรือ $\frac{\overline{MR}}{d_2}$ ในกรณีที่ใช้แผนภูมิ R หรือ s หรือ MR ตามลำดับ

3.7.3.12 แผนภูมิควบคุมกลุ่ม (GCC) โดยใช้ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม ของ Grimshaw et al. (1999)

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k:

$$\overline{X}_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ijk}}{n_{jk}} \quad , j = 1,...,m,\ k = 1,...,l$$

พิสัยของกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k:

$$R_{jk} = \max(x_i)_{jk} - \min(x_i)_{jk} \quad , j = 1,...,m,\ k = 1,...,l$$

ค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} \overline{X}_{jk}}{m_k l}$$

พิสัยเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} R_{jk}}{m_k l}$$

แผนภูมิ GCC $\overline{X}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2^* \overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2^* \overline{R}$

แผนภูมิพิสัย GCC R

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4^* \overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3^* \overline{R}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ x_{ijk} = ค่าของตัวอย่างเดี่ยว i ภายในกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k

n_{jk} = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยย่อย j จากสายกระบวนการ k

m_k = จำนวนของกลุ่มย่อยของสายกระบวนการ k

l = จำนวนของสายกระบวนการ

A_2^*, D_3^*, D_4^* = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุมกลุ่มของ Grimshaw et al. (1999) (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.13 แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิ Shewhart สำหรับค่าสถิติ R_t

ค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j :

$$\overline{\overline{X}}_j = \frac{\sum_{k=1}^{l} \overline{X}_{jk}}{l} \qquad , j = 1,...,m$$

พิสัยค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j :

$$R_{tj} = \max(\overline{X}_k)_j - \min(\overline{X}_k)_j \qquad , j = 1,...,m$$

ค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{\overline{X}}_j}{m}$$

ค่าเฉลี่ยของพิสัยค่าเฉลี่ย

$$\overline{R}_t = \frac{\sum_{j=1}^{m} R_{tj}}{m}$$

แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}_t$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}_t$

แผนภูมิ R_t

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}_t$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4\overline{R}_t$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3\overline{R}_t$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ $\overline{X}_{jk}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k

l = จำนวนของสายกระบวนการ

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

A_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.14 แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิ CUSUM สำหรับค่าสถิติ R_t

ค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j :

$$\overline{\overline{X}}_j = \frac{\sum_{k=1}^{l} \overline{X}_{jk}}{l} \qquad , j = 1,...,m$$

ผลรวมสะสมด้านบน: $C_j^+ = \max[0, R_{tj}^* - (\mu_0 + K) + C_{j-1}^+]$

ผลรวมสะสมด้านล่าง: $C_i^- = \min[0, R_{tj}^* - (\mu_0 - K) + C_{i-1}^-]$

ค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{\overline{\overline{X}}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{\overline{X}}_j}{m}$$

แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{\overline{X}}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{\overline{X}}} + A_2\overline{R}_t$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{\overline{X}}} - A_2\overline{R}_t$

แผนภูมิ CUSUM R_t^* (ในกรณีที่แปลงข้อมูล R_t ให้มีการกระจายตัวแบบปกติ)

เส้นกึ่งกลาง $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = H$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -H$

เมื่อ $\overline{\overline{X}}_j$ = ค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j

R_{tj}^* = พิสัยค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j ที่ได้รับการแปลงให้มีการกระจายตัวแบบปกติ

μ_0 = ค่าเป้าหมายสำหรับค่า R_t^* ของกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย $K = k\sigma$ คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ $H = h\sigma$ คือ ความกว้างของพิกัดควบคุมเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ดูตารางที่ 3.8)

3.7.3.15 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยโดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ($\overline{X}^{DNOM}, R$)

ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายเฉลี่ย: $\overline{X}_j^{DNOM} = \overline{X}_j - Nom_k$

ค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายเฉลี่ย:

$$\overline{\overline{X}}^{DNOM} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j^{DNOM}}{m}$$

แผนภูมิ $\overline{X}^{DNOM}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = \overline{\overline{X}}^{DNOM}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \overline{\overline{X}}^{DNOM} + A_2\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \overline{\overline{X}}^{DNOM} - A_2\overline{R}$

แผนภูมิ R

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3\overline{R}$

เมื่อ $\overline{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

$\overline{R}$ = ค่าเฉลี่ยของพิสัย

A_2, D_3, D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7.3.16 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่โดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (X^{DNOM} , MR)

ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย: $X_i^{DNOM} = x_i - Nom_k$

ค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย: $\overline{X}_i^{DNOM} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^{DNOM}}{n}$

แผนภูมิ X^{DNOM}

เส้นกึ่งกลาง: $CL = \overline{X}_i^{DNOM}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \overline{X}_i^{DNOM} + A_3\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \overline{X}_i^{DNOM} - A_3\overline{R}$

แผนภูมิ MR

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{MR} = \overline{MR}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{MR} = D_4\overline{MR}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{MR} = D_3\overline{MR}$

เมื่อ x_i = ค่าตัวอย่างเดี่ยว

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างเดี่ยว

n = จำนวนตัวอย่างเดี่ยว

$\overline{MR}$ = ค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่

A_3 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.17 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยมาตรฐาน (Standardized $\overline{X}$, R)

ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน: $\overline{X}_j^s = \frac{\overline{X}_j - Nom_k}{\overline{R}_j}$

พิสัยมาตรฐาน $R_j^s = \frac{R_j}{\overline{R}_k}$

แผนภูมิค่าเฉลี่ยมาตรฐาน

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = A_2$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -A_2$

แผนภูมิพิสัยมาตรฐาน

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 1$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = D_4$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = D_3$

เมื่อ $\overline{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มย่อย

$\overline{R}_k$ = พิสัยเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มย่อย

A_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.18 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน (Standardized X, MR)

ค่าตัวอย่างเดี่ยวมาตรฐาน: $X_i^s = \frac{x_i - Nom_k}{\overline{MR}_k}$

พิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน: $MR_i^s = \frac{MR_i}{\overline{MR}_k}$

แผนภูมิค่าตัวอย่างเดี่ยวมาตรฐาน:

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = E_2$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -E_2$

แผนภูมิพิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน:

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 1$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = D_4$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = D_3$

เมื่อ x_i = ค่าตัวอย่างเดี่ยว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างเดี่ยว

MR_i = พิสัยเคลื่อนที่

$\overline{MR}_k$ = ค่าเป้าหมายของค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่สำหรับผลิตภัณฑ์

E_2, D_3, D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

3.7.3.19 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมาตรฐาน (Standardized p)

สัดส่วนของเสียมาตรฐาน: $$p_i^s = \frac{p_i - \overline{p}_k}{\sqrt{\overline{p}_k(1-\overline{p}_k)/n_i}}$$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ p_i = สัดส่วนของเสียของกลุ่มย่อย

$\overline{p}_k$ = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

3.7.3.20 แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียมาตรฐาน (Standardized np)

จำนวนของเสียมาตรฐาน: $$np_i^s = \frac{np_i - \overline{np}_k}{\sqrt{\overline{np}_k(1-\overline{p}_k)/n}}$$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ np_i = จำนวนของเสียภายในกลุ่มย่อย

$\overline{np}_k$ = ค่าเฉลี่ยจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์

$\overline{p}_k$ = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์

n = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7.3.21 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยมาตรฐาน (Standardized u)

จำนวนตำหนิต่อหน่วยมาตรฐาน: $u_i^s = \frac{u_i - \bar{u}_k}{\sqrt{\bar{u}_k / n_i}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ u_i = จำนวนตำหนิต่อหน่วย

$\bar{u}_k$ = ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

3.7.3.22 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิมาตรฐาน (Standardized c)

จำนวนตำหนิมาตรฐาน: $c_i^s = \frac{c_i - \bar{c}_k}{\sqrt{\bar{c}_k}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ c_i = จำนวนตำหนิภายในกลุ่มย่อย

$\bar{c}_k$ = ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิของผลิตภัณฑ์

3.7.4 พล็อตค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมลงบนแผนภูมิควบคุม

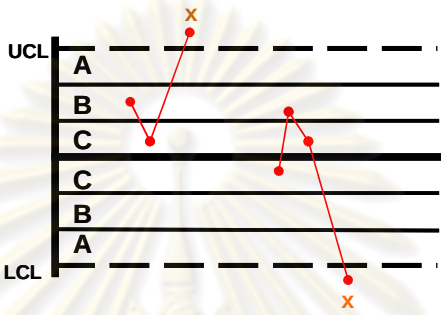
โดยทั่วไปการกำหนดมาตราส่วนของแกนตั้งในแผนภูมิ $\overline{X}$ ควรให้ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของแกนตั้งมีค่าอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของค่าความแตกต่างระหว่างค่า $\overline{X}$ ที่สูงที่สุดและค่า $\overline{X}$ ที่ต่ำที่สุด สำหรับแผนภูมิ R มาตราส่วนของแกนตั้งนั้นควรกำหนดให้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 และค่าสูงสุดควรเป็น 2 เท่าของค่าพิสัยที่สูงที่สุด นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมควรที่จะสามารถแสดงจุดพล็อตของกลุ่มย่อยที่ต่อเนื่องกันได้อย่างน้อย 25 กลุ่มย่อย (AIAG, 1995)

3.8 การกำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม

การตีความแผนภูมิควบคุมจากจุดพล็อตเพื่อพิจารณาว่ากระบวนการออกนอกการควบคุมหรือไม่นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ เมื่อมีจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม หรือ

การวิ่งของจุดพล็อตไม่มีลักษณะแบบสุ่ม Nelson (1984: 237-239, 1985: 114-116) ได้สรุปแนวทางในการบ่งชี้สภาวะกระบวนการออกนอกการควบคุมสำหรับทั้ง 2 กรณีนี้ไว้เป็น 8 การทดสอบ โดยแบ่งพื้นที่จากเส้นกึ่งกลางจนถึงพิกัดควบคุมบนหรือพิกัดควบคุมล่างออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน คือ โซน A, โซน B และ โซน C ดังรูปที่ 3.23 โดยรายละเอียดในแต่ละการทดสอบมีดังนี้

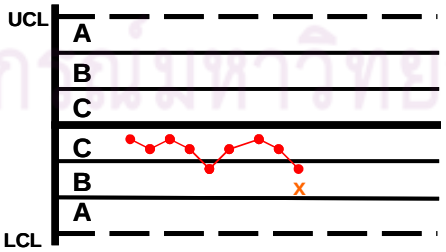
การทดสอบที่ 1: จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A



รูปที่ 3.23 จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบพื้นฐานสำหรับแผนภูมิควบคุมทุกชนิดคือ เป็นการพิจารณาว่ามีจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่ สำหรับแผนภูมิค่าเฉลี่ยสัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยหรือเมื่อค่าความผันแปรของกระบวนการเพิ่มขึ้น แต่หากแผนภูมิ R หรือ s แสดงให้เห็นว่าความผันแปรของกระบวนการยังอยู่ในสภาวะควบคุมแสดงว่าค่าความผันแปรของกระบวนการไม่ได้เพิ่มขึ้น แต่กระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย สำหรับแผนภูมิ R หรือ s สัญญาณจะเกิดขึ้นเมื่อความผันแปรของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลง

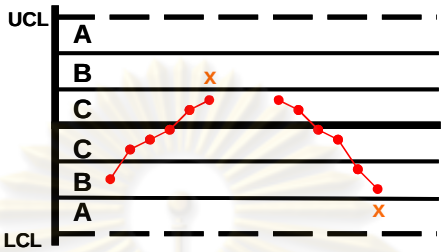
การทดสอบที่ 2: จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง



รูปที่ 3.24 จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปรของกระบวนการ โดยขึ้นอยู่กับค่าสถิติที่ใช้ในแผนภูมิควบคุมว่าเป็นค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปร

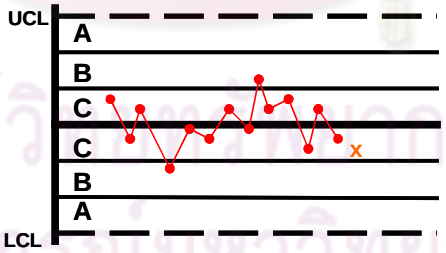
การทดสอบที่ 3: จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 3.25 จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปรของกระบวนการอย่างต่อเนื่องเป็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสถิติที่ใช้ในแผนภูมิควบคุมว่าเป็นค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปร โดยสาเหตุอาจเกิดจากความสึกหรอของเครื่องมือหรือเครื่องจักร การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารเคมีเมื่อเวลาผ่านไป ทักษะที่เพิ่มขึ้นของพนักงาน ฯลฯ

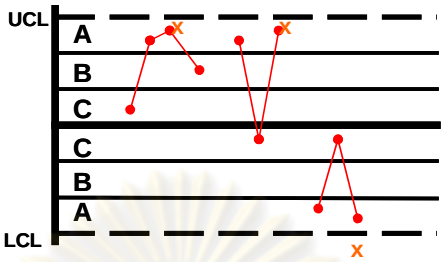
การทดสอบที่ 4: จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน



รูปที่ 3.26 จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน

สัญญาณจากการทดสอบนี้มักจะเกิดจากการเก็บข้อมูลจากประชากรสองกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปรที่แตกต่างกันสลับกันไป เช่น เก็บข้อมูลจาก 2 เครื่องจักร หรือจากพนักงาน 2 คน หรือวัตถุดิบจาก 2 ผู้ส่งมอบสลับกันไป

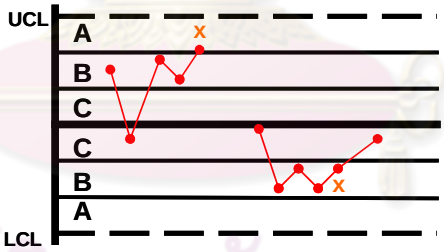
การทดสอบที่ 5: 2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน



รูปที่ 3.27 2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การแจ้งเตือนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

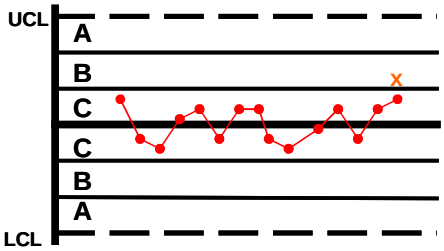
การทดสอบที่ 6: 4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน



รูปที่ 3.28 4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การแจ้งเตือนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

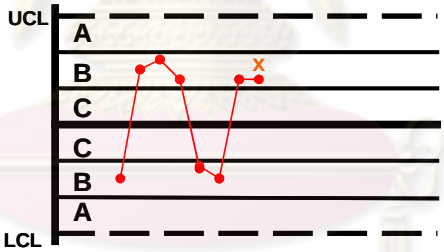
การทดสอบที่ 7: จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง



รูปที่ 3.29 จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง

สัญญาณจากการทดสอบนี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ หรืออาจจะเกิดขึ้นจากความผิดพลาดในการคำนวณพิกัดควบคุมหรือการเปลี่ยนแปลงค่าความผันแปรของกระบวนการแต่ไม่ได้มีการทบทวนพิกัดควบคุม ทั้งนี้การเลือกตัวอย่างจากชั้นภูมิที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะทำให้การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยสูงเกินไปทำให้พิกัดควบคุมที่ได้กว้างเกินไป

การทดสอบที่ 8: จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง โดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C



รูปที่ 3.30 จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง
โดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C

สัญญาณจากการทดสอบนี้มักจะเกิดขึ้นจากการกำหนดกลุ่มย่อยที่มีการผสมกันจาก 2 สายกระบวนการโดยตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยมาจากสายกระบวนการเดียวกัน แต่ระหว่างกลุ่มย่อยมาจากสายกระบวนการอีกสายที่มีความแตกต่างกันสลับกันไป

ข้อสังเกตุในการตีความแผนภูมิควบคุม

- การทดสอบที่ 1 หรือการพิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมเมื่อมีจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม นั้นสามารถใช้ได้กับแผนภูมิควบคุมทุกชนิด

- การทดสอบที่ 2-8 นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความไวต่อการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการให้กับแผนภูมิควบคุมมากขึ้น โดยโอกาสที่จะเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดในแต่ละการทดสอบนั้นมีค่าใกล้เคียงกับโอกาสที่จะเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดจากการทดสอบที่ 1

- จำนวนการทดสอบที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้แผนภูมิควบคุมสามารถที่จะตรวจจับสาเหตุพิเศษได้รวดเร็วขึ้น แต่ในขณะเดียวกันโอกาสที่จะพบการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

- ในการใช้แผนภูมิควบคุมการทดสอบที่จำเป็นต้องมีคือการทดสอบที่ 1 ส่วนการทดสอบที่ 2-8 นั้นไม่จำเป็นต้องใช้ทุกชนิด แต่ควรพิจารณาการทดสอบที่เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการและผลได้ผลเสีย (Trade-off) ระหว่างประโยชน์จากตรวจจับสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมได้รวดเร็วขึ้นกับโอกาสเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเพิ่มขึ้น Nelson (1985) ได้แนะนำว่า โดยทั่วไปการทดสอบที่ 1-4 นั้นเพียงพอแล้วที่จะตรวจจับสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นทั่วไปได้ นอกจากนี้การทดสอบบางอย่างยังใช้ได้กับแผนภูมิบางชนิดเท่านั้นโดย Kubiak และ Benbow (2009) ได้แสดงการทดสอบแต่ละชนิดที่สามารถใช้กับแผนภูมิควบคุม Shewhart ไว้ดังตารางที่ 3.10 ซึ่งจะพบว่ามีเพียงแผนภูมิค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และแผนภูมิตัวอย่างเดี่ยว (X) เท่านั้นที่สามารถใช้ได้ทุกการทดสอบ ส่วนแผนภูมิ Shewhart อื่นๆ จะใช้ได้เพียงการทดสอบที่ 1-4 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากแผนภูมิ Shewhart อื่นๆ ไม่ได้มีการกระจายตัวอย่างปกติทำให้หากใช้การทดสอบที่ 5-8 แล้วจะทำให้การอนุมานสภาวะของกระบวนการมีความผิดพลาดสูงขึ้น

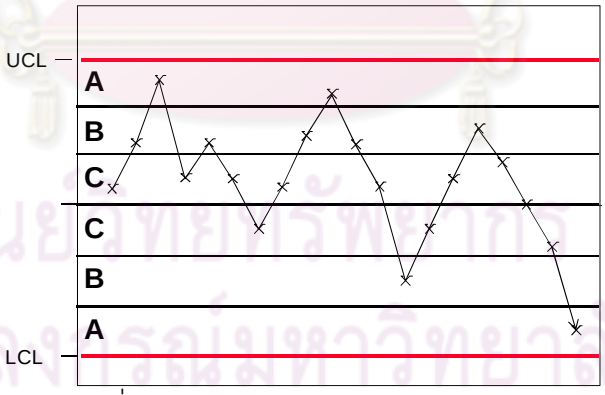
ตารางที่ 3.10 การทดสอบสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุม Shewhart (ดัดแปลงจาก Kubiak และ Benbow, 2009)

การทดสอบสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม	ข้อมูลผันแปร (Variables Data)					ข้อมูลเชิงลักษณะ (Attributes Data)			
	$\overline{X}$	R	s	X	MR	p	np	c	u
1) จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2) จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3) จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4) จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5) 2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน	x			x					
6) 4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน	x			x					
7) จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง	x			x					
8) จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง โดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C	x			x					

- ในขั้นตอนการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลและการกำหนดพิกัดควบคุมทดลอง ควรใช้การทดสอบที่ 7 และ 8 เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดในการกำหนดกลุ่มย่อยทั้งการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิและการเลือกตัวอย่างที่มีการผสมกัน

- Koutras, Bersimis และ Maravelakis (2007) ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม Shewhart ที่ใช้การทดสอบการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่ม และสรุปว่าถึงแม้ว่าการทดสอบการวิ่งของจุดพล็อตบนแผนภูมิควบคุมจะช่วยให้แผนภูมิมีความไวในการตรวจจับสาเหตุพิเศษเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่มีค่าต่ำนั้น ก็ยังไม่ควรที่จะเลือกใช้แผนภูมิควบคุม Shewhart ที่มีการทดสอบการวิ่งของจุดพล็อต ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพยังคงด้อยกว่าแผนภูมิ CUSUM หรือ EWMA

- การทดสอบที่ 1-8 นี้เป็นเพียงการทดสอบพื้นฐานเท่านั้น ดังนั้นถึงแม้ว่าจะไม่มีสัญญาณจากการทดสอบทั้ง 8 ข้อ แต่หากแผนภูมิควบคุมได้แสดงให้เห็นการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่มแล้ว ผู้ควบคุมกระบวนการก็ควรที่จะสรุปว่ากระบวนการออกนอกการควบคุมและควรดำเนินการหาสาเหตุที่ทำให้การวิ่งของจุดพล็อตนั้นไม่เป็นแบบสุ่ม เช่นรูปที่ 3.31 กระบวนการมีลักษณะเป็นวัฏจักร แต่ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยการทดสอบทั้ง 8 ข้อ ในกรณีนี้ผู้ควบคุมกระบวนการควรค้นหาสาเหตุที่ทำให้กระบวนการมีลักษณะเป็นวัฏจักรและดำเนินการแก้ไข



รูปที่ 3.31 จุดพล็อตมีลักษณะเป็นวัฏจักร

3.9 การกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม

ประสิทธิผลในการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการดำเนินการกับสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเหมาะสมและนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้นในการใช้งานแผนภูมิควบคุมจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการ

ควบคุมก่อนการใช้งานแผนภูมิควบคุม เพราะหากแผนภูมิควบคุมถูกใช้โดยปราศจากแนวปฏิบัตินี้แล้ว ก็จะไม่มีความชัดเจนว่าเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ใครจะต้องเป็นผู้ค้นหาสาเหตุและจะดำเนินการค้นหาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ทำให้การดำเนินการเป็นไปอย่างล่าช้าหรืออาจจะไม่มีการดำเนินการใดๆ เลย

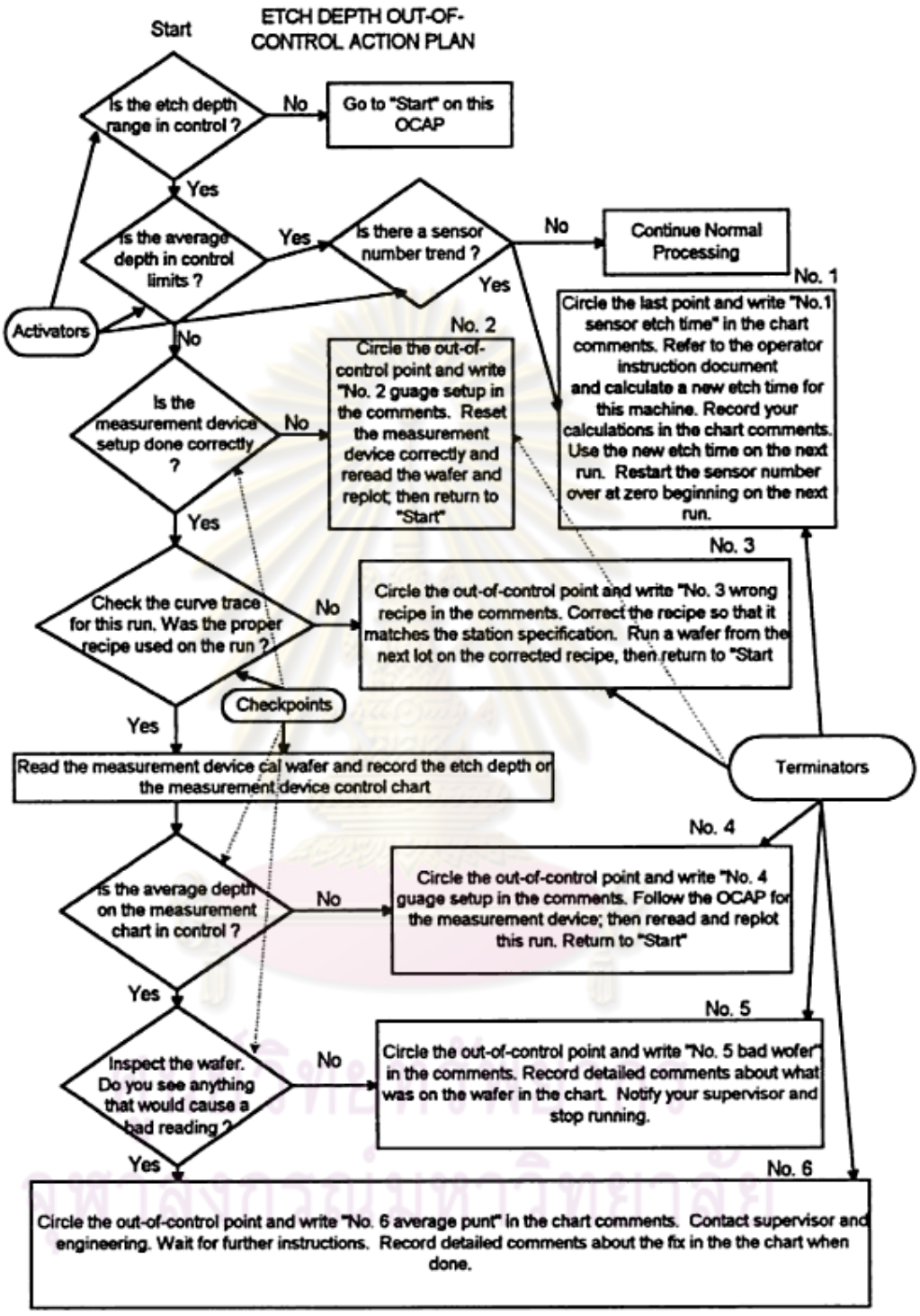
แผนการปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (Out-of-Control-Action Plan หรือ OCAP) เป็นเครื่องมือที่บริษัท Philips Semiconductors ได้นำมาใช้ในการกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมอย่างเป็นระบบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1986 Montgomery (2005) ได้เน้นถึงความสำคัญของ OCAP ว่าแผนภูมิควบคุมที่ปราศจาก OCAP นั้นไม่น่าจะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้นแผนภูมิควบคุมจึงไม่ควรได้รับอนุญาติให้นำไปใช้งานได้จนกว่าจะมีการจัดทำ OCAP สำหรับแผนภูมินั้นๆ

เพื่อให้การใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล งานวิจัยนี้จึงได้นำรายละเอียดการจัดทำและการใช้งาน OCAP จากเอกสารของ Sandorf และ Bassett (1993) มาเรียบเรียงเพื่อกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมอย่างเป็นระบบสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ดังนี้

OCAP และองค์ประกอบของ OCAP

- OCAP คือ ผังงาน (Flowchart) ที่ได้มีการกำหนดแนวทางไว้ เพื่อให้ผู้ที่มีหน้าที่ในการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม สามารถที่จะปฏิบัติตามซ้ำๆ ได้เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมในทุกกรณี

- OCAP มีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนดังรูปที่ 3.32 คือ ตัวกระตุ้น (Activators), จุดตรวจสอบ (Checkpoints), และ จุดสิ้นสุด (Terminators) โดยตัวกระตุ้น เป็นตัวกำหนดสภาวะที่จะต้องเริ่มปฏิบัติตาม OCAP โดยใช้สัญญาณจากแผนภูมิควบคุมที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม จุดตรวจสอบจะเป็นการชี้แนะขั้นตอนให้ผู้ควบคุมกระบวนการดำเนินการค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม โดยผู้ควบคุมกระบวนการจะต้องดำเนินการตรวจสอบทีละขั้นตอนตามลำดับที่ได้กำหนดไว้ จุดสิ้นสุดจะมีการระบุการปฏิบัติเพื่อแก้ไขให้กระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะควบคุม รวมถึงการจัดทำบันทึกเพื่อให้ OCAP มีความเชื่อมโยงกับแผนภูมิควบคุม



รูปที่ 3.32 OCAP (Sandorf และ Bassett, 1993)

การจัดทำ OCAP

เป้าหมายหลักของการจัดทำ OCAP คือ ให้ขั้นตอนปฏิบัติต่างๆ สามารถทำได้ง่ายและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ OCAP จำเป็นต้องถูกจัดทำขึ้นโดยทีมงานซึ่งเป็นตัวแทนจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายวิศวกร ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง ฯลฯ

ขั้นตอนในการจัดทำ OCAP มีดังนี้

1) กำหนดผู้ใช้ OCAP เพื่อจัดทำ OCAP ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน และให้การดำเนินการมีความชัดเจนและรวดเร็ว โดยส่วนใหญ่ผู้ใช้ OCAP มักจะเป็นพนักงานในสายการผลิตเพราะเป็นผู้ที่รู้ถึงสภาวะของกระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่และสามารถที่จะตอบสนองต่อการออกนอกการควบคุมของกระบวนการได้รวดเร็วหากได้รับการฝึกอบรมให้ใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม

2) กำหนดตัวกระตุ้นโดยใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ภายในสัญลักษณ์ของตัวกระตุ้นให้ตั้งคำถาม โดยใช้สัญญาณจากแผนภูมิควบคุมที่บ่งชี้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม เช่น จุดพล็อตในแผนภูมิ R ออกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่, จุดพล็อตในแผนภูมิ $\bar{x}$ ออกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่, การวิ่งของจุดพล็อตมีลักษณะไม่เป็นแบบสุ่มหรือไม่ เป็นต้น เพื่อตรวจสอบว่าเมื่อใดที่จะต้องเริ่มปฏิบัติตาม OCAP

3) กำหนดจุดตรวจสอบโดยใช้สัญลักษณ์เช่นเดียวกับสัญลักษณ์ของตัวกระตุ้นคือรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน แต่รายละเอียดภายในจะเป็นการกำหนดวิธีการตรวจสอบและคำถามเพื่อตรวจสอบหาสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุมซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของจุดพล็อตที่ผิดปกตินั้นๆ โดยคำตอบของคำถามควรมีเพียง 2 คำตอบคือ ใช่ หรือ ไม่ใช่ และวิธีการตรวจสอบที่กำหนดขึ้นจะต้องทำให้ผู้ใช้ OCAP สามารถปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว สัญลักษณ์ 1 รูปจะแทนการตรวจสอบ 1 ขั้นตอน ทั้งนี้จำนวนขั้นตอนการตรวจสอบที่จะถูกระบุไว้ใน OCAP จะขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวกระตุ้นและความซับซ้อนของกระบวนการ เพื่อให้การบ่งชี้วิธีการตรวจสอบมีประสิทธิภาพ ทีมงานควรใช้การวิเคราะห์สาเหตุและผลลัพธ์โดยใช้เครื่องมือ เช่น แผนภูมิสาเหตุและผลลัพธ์ โดยให้ตัวกระตุ้นเป็นผลลัพธ์และนำสาเหตุที่ได้จากการระดมสมองของทีมงานมาพิจารณาและกำหนดเป็นจุดตรวจสอบอย่างเป็นขั้นตอน ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP จำนวนจุดตรวจสอบนั้นไม่ควรมีจำนวนมากนัก แต่ควรกำหนดจุดตรวจสอบที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายและใช้เวลาไม่นาน และมีโอกาสสูงที่จะพบสาเหตุของปัญหา ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุที่ได้จากการระดมสมองในการเริ่มต้นสร้าง OCAP มักจะมีจำนวนมาก การกำหนดจุดตรวจสอบจำนวนมากจะทำให้ผู้ใช้ OCAP เสียเวลามากในการตรวจสอบและทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะออกนอกการควบคุมเป็นเวลานาน ปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การตรวจสอบมีความรวดเร็วคือการกำหนดลำดับการตรวจสอบโดยให้สาเหตุที่มีโอกาสเกิดสูงได้รับการตรวจสอบก่อน ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP

ลำดับการตรวจสอบจะกำหนดโดยอาศัยประสบการณ์และความคิดเห็นของทีมงาน จนกว่าจะมีข้อมูลของสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม

4) กำหนดจุดสิ้นสุดโดยใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และระบุหมายเลขตามลำดับของจุดสิ้นสุดนั้นๆ ภายในจุดสิ้นสุดให้ระบุขั้นตอนการปฏิบัติต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาเพื่อให้กระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะควบคุม ตลอดจนวิธีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นเช่น รายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการตาม OCAP และหมายเลขของจุดสิ้นสุดเพื่อให้ทราบถึงแนวทางตาม OCAP ที่ใช้, สาเหตุของปัญหาที่พบ, ข้อสังเกตอื่นๆ เป็นต้น ที่จุดตรวจสอบลำดับสุดท้ายให้กำหนดจุดสิ้นสุดลำดับสุดท้าย ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อ (Punt terminator) โดยเป็นการส่งต่อความรับผิดชอบจากผู้ใช้ OCAP ไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ในระดับที่สูงขึ้น เช่น วิศวกร หัวหน้าสายการผลิต (Supervisor) เพื่อให้ดำเนินการค้นหาสาเหตุต่อไปในกรณีที่ผู้ใช้ OCAP ได้ดำเนินการตามจุดตรวจสอบทุกจุดแล้วแต่ยังไม่พบสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุม

การทบทวน OCAP

OCAP ที่ถูกจัดทำขึ้นควรได้รับการทบทวนเป็นประจำควบคู่ไปกับแผนภูมิควบคุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาและแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม การใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนของตัวกระตุ้น จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้สามารถนำไปสู่การปรับปรุงต่างๆ ได้ดังนี้

- กำจัดสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง: ข้อมูลจากแผนภูมิพาเรโตจะชี้ให้เห็นจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้อยู่บ่อยครั้ง ทำให้ทีมงานสามารถจัดลำดับในการดำเนินการกำจัดสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุมได้ ทั้งนี้ทีมงานสามารถตรวจสอบผลจากการกำจัดสาเหตุใดๆ ได้จากการลดลงของจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่เคยเกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นๆ เมื่อผลจากการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าสาเหตุนั้นได้ถูกกำจัดออกไปแล้ว ก็ควรที่จะนำจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดนั้นออกจาก OCAP
- ปรับเปลี่ยนลำดับของจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุด: ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP ลำดับของจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดถูกกำหนดโดยประสบการณ์และความคิดเห็นของทีมงาน ทำให้ OCAP นั้นอาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก จึงควรมีการจัดลำดับใหม่โดยนำข้อมูลจากแผนภูมิพาเรโตมาพิจารณาเพื่อให้จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้บ่อยที่สุดอยู่ในลำดับที่ 1 และจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้บ่อยในลำดับถัดมาอยู่ลำดับที่ 2 และ 3 ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ ส่วนจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่แทบจะไม่ได้ถูกใช้หรือไม่ถูกใช้เลยก็ควรที่จะถูกนำออกจาก OCAP หากจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อถูกใช้อยู่บ่อยครั้ง ทีมงานควรทำการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้แผนภูมิพาเรโตกับข้อมูลการปฏิบัติเมื่อจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อถูกใช้ หากวิธีการปฏิบัตินั้นถูกใช้

เป็นประจำสำหรับจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อ ก็ควรนำวิธีการปฏิบัตินั้นมาระบุเป็นจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุด

- ปรับปรุงการกำหนดสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม: หากตัวกระตุ้นที่เป็นการพิจารณาการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่มไม่ได้ถูกใช้หรือมีเพียงการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเท่านั้น ก็ควรที่จะนำตัวกระตุ้นนั้นออกจาก OCAP และหากแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นลักษณะการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่มบ่อยครั้ง และทีมงานได้ดำเนินการค้นหาสาเหตุและพิจารณาแล้วว่ามีสาเหตุพิเศษเกิดขึ้นจริงก็ควรนำข้อพิจารณานี้มาจัดทำตัวกระตุ้น จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุด

- ฝึกอบรมผู้ใช้ OCAP เพื่อให้รองรับการปฏิบัติตามขั้นตอน OCAP ที่เพิ่มขึ้นได้: ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP ผู้ใช้อาจจะยังไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่ทางทีมงานจัดทำขึ้นได้ทั้งหมด ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดการส่งต่อการดำเนินการตาม OCAP ทำให้เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ข้อมูลการจัดลำดับความถี่ของการใช้งานจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดในแผนภูมิพาเรโต จะช่วยให้ทีมงานสามารถจัดลำดับความสำคัญในการฝึกอบรมเพื่อให้ผู้ใช้ OCAP สามารถปฏิบัติตามขั้นตอน OCAP ที่เพิ่มขึ้นได้

ข้อสังเกตในการใช้งาน OCAP

- การใช้ OCAP ควรเกิดขึ้นในทุกกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุม หากมีกรณีที่ OCAP ไม่ถูกใช้งานเกิดขึ้น อาจแสดงให้เห็นว่า OCAP ยังคงมีความซับซ้อนหรือขาดประสิทธิภาพทำให้ผู้ใช้ละเลยต่อการใช้ OCAP ทั้งนี้เป็นหน้าที่ของทีมงานที่จะจัดทำ OCAP ให้มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการปฏิบัติ

- หมายเลขของจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้ควรมีค่าน้อย ในอุดมคติหมายเลขจุดสิ้นสุดที่ควรถูกใช้มากที่สุด คือ 1 และหมายเลขถัดมาคือ 2 ตามลำดับไปเรื่อยๆ

- การใช้จุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อควรลดลงหรือไม่เกิดขึ้น เพราะการใช้จุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมยังคงล่าช้าและทีมงานยังต้องศึกษาและทำความเข้าใจกับกระบวนการเพิ่มเติม ทั้งนี้ OCAP ที่มีความเสถียรจะมีการใช้จุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อน้อยกว่า 10%

- ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาตาม OCAP ควรลดลงอย่างต่อเนื่อง จากการที่ OCAP ได้รับการทบทวนและปรับปรุง

- สมรรถนะของผู้ใช้ OCAP ควรเพิ่มขึ้นโดยผู้ใช้ OCAP ควรที่จำสามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ของ OCAP ได้ทั้งหมด

- เปอร์เซ็นของจุดพล็อตที่ออกนอกการควบคุมควรลดลงซึ่งเป็นผลจากการกำจัดสาเหตุพิเศษทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมมากขึ้น

ประโยชน์จากการใช้ OCAP

- พนักงานที่ใช้ OCAP จะรู้สึกถึงการได้รับความสำคัญ จากการให้อำนาจในการควบคุมกระบวนการ และดำเนินการแก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหา
- วิศวกร หัวหน้าสายการผลิต และช่างซ่อมบำรุงสามารถให้เวลากับการปรับปรุงกระบวนการได้มากขึ้นจากการลดเวลาในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งเกิดจากกระบวนการออกนอกการควบคุม โดยอาจจะสามารถลดเวลาที่ใช้ในการรักษาสภาวะของกระบวนการลงจาก 75% ไปสู่ต่ำกว่า 25% ภายในระยะเวลาไม่กี่เดือนหลังจากเริ่มใช้ OCAP
- ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสูงขึ้นจากเวลาที่ลดลงในการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมทำให้เวลาที่ต้องหยุดสายการผลิตลดลง
- ป้องกันการปรับเปลี่ยนกระบวนการอย่างไม่เป็นระบบหรือปรับเปลี่ยนในจุดที่ไม่จำเป็นเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม
- ในกรณีที่มีการโยกย้ายหรือปรับเปลี่ยนพนักงานออกจากหน่วยงาน แนวทางในการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมจะยังคงสามารถรักษามาตรฐานไว้ได้เพราะ OCAP ได้มีการรวบรวมฐานความรู้จากการดำเนินการที่ผ่านมาไว้แล้วทำให้สามารถดำเนินการต่อได้โดยไม่ต้องเริ่มใหม่

3.10 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ

การศึกษาความสามารถของกระบวนการนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาว่ากระบวนการมีความสามารถในการที่จะตอบสนองต่อข้อกำหนดได้มากน้อยเพียงใด (Borror, 2009) ในโรงงานรับจ้างผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังเช่นโรงงานกรณีศึกษา ความสามารถของกระบวนการเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ลูกค้านำไปพิจารณาคัดเลือกผู้ผลิตสินค้าภายใต้เครื่องหมายการค้าของตน ยิ่งโรงงานมีสามารถของกระบวนการสูงมากเท่าใดโอกาสที่จะได้รับการการคัดเลือกก็จะสูงมากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้สารสนเทศที่ได้จากการศึกษาความสามารถของกระบวนการยังให้แสดงให้เห็นถึงโอกาสและทิศทางในการปรับปรุงกระบวนการได้อย่างตรงจุด ดังนั้นการศึกษาความสามารถของกระบวนการจึงเป็นขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อบรรลุเป้าหมายในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

สมมุติฐานที่สำคัญในการศึกษาความสามารถของกระบวนการคือ ข้อมูลที่ได้จะต้องมาจากกระบวนการที่มีความเสถียร ทั้งนี้เพื่อให้สามารถคาดการณ์ได้ว่ากระบวนการมีความสามารถในการผลิตได้ตามข้อกำหนดเฉพาะได้ดีเพียงใด ทั้งนี้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน

เสถียรภาพของกระบวนการก็คือแผนภูมิควบคุม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้ขั้นตอนการศึกษาความสามารถของกระบวนการถูกดำเนินการหลังจากได้มีการใช้งานแผนภูมิควบคุมแล้วและแผนภูมิควบคุมได้แสดงให้เห็นถึงความเสถียรของกระบวนการ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความสามารถของกระบวนการของ กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549, 2551) AIAG (2005) Borror (2009) Grant (1996) Kubiak และ Benbow (2009) Montgomery (2005) สามารถกำหนดขั้นตอนในการศึกษาความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล

การคำนวณหาค่าดัชนีต่างๆ สำหรับการศึกษาความสามารถของกระบวนการ นั้นเป็นการคำนวณโดยใช้สมมุติฐานการกระจายตัวแบบปกติ หากค่าดัชนีที่ได้ถูกคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูลที่มีการกระจายตัวที่ไม่ปกติแล้ว ค่าดัชนีที่ได้ก็จะมีค่าที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ ในกรณีที่การกระจายตัวของข้อมูลมีความเบี่ยงเบนไปจากการกระจายตัวแบบปกติเป็นอย่างมาก AIAG (2005) Kubiak และ Benbow (2009) ได้เสนอให้ทำการแปลง (transform) ข้อมูลให้มีการกระจายตัวแบบปกติ โดยใช้วิธีการแปลงข้อมูลของ Box-Cox หรือ Johnson หรือทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลกับแบบจำลองการกระจายตัวของความน่าจะเป็นที่ไม่ปกติอื่นๆ เพื่อหาการกระจายตัวที่เหมาะสมกัน (Fit) กับข้อมูลแล้วจึงนำช่วงของพิกัดความคลาดเคลื่อนอนุโลมโดยธรรมชาติ (Natural Tolerance Limit) ของกระบวนการหรือสัดส่วนของเสียที่ได้มาหาค่าดัชนีที่ต้องการ อย่างไรก็ตามการแปลงข้อมูลและการหาการกระจายตัวแบบไม่ปกติอื่นๆ ที่เหมาะสมนั้น มีขั้นตอนในการคำนวณที่ซับซ้อนและยุ่งยากดังนั้น Kubiak และ Benbow (2009) จึงแนะนำให้ใช้ซอฟต์แวร์ทางสถิติช่วยในการคำนวณ

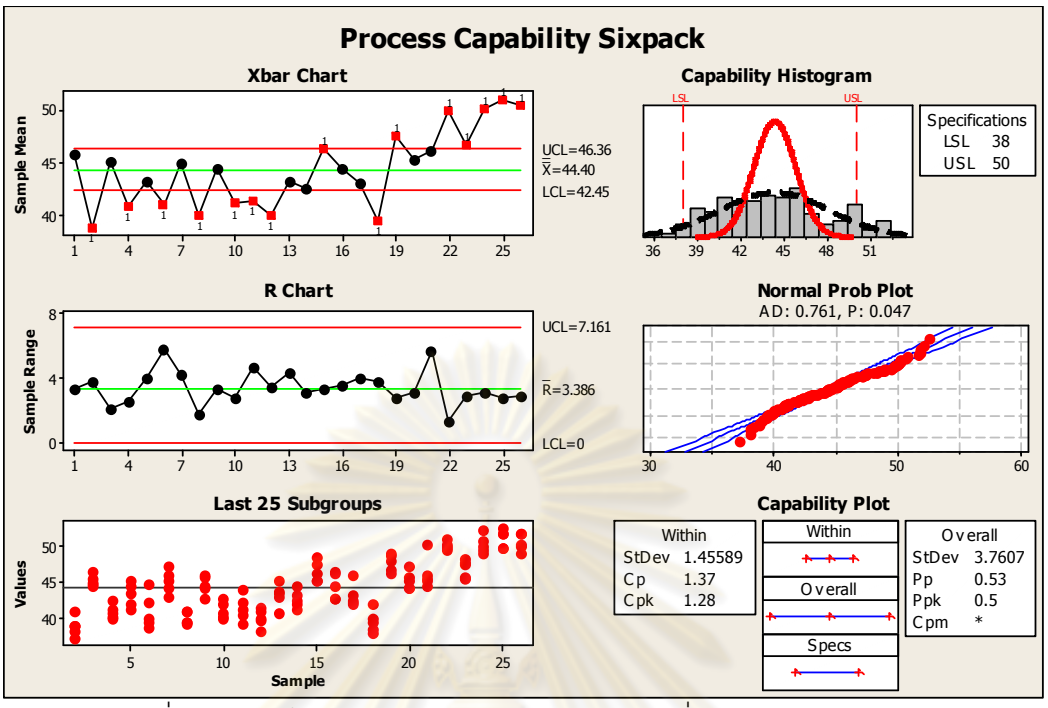
ขั้นตอนที่ 2 คำนวณดัชนีหรืออัตราส่วนความสามารถของกระบวนการ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าการกำหนดดัชนีความสามารถของกระบวนการนั้นมีทั้งความคล้ายคลึง ความแตกต่างและความขัดแย้งกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของ AIAG (2005) ที่กำหนดดัชนีสมรรถนะของกระบวนการ (Performance Index) P_p และ P_{pk} สำหรับกรณีที่กระบวนการไม่มีความเสถียร โดย Montgomery (2005) ได้แย้งว่าค่า P_p และ P_{pk} ในกรณีนี้จะไม่สามารถสื่อให้เห็นถึงความสามารถของกระบวนการได้เนื่องจากไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่ากระบวนการมีความสามารถในการผลิตได้ตามข้อกำหนดเฉพาะได้ดีเพียงใด และไม่ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการปรับปรุงให้กระบวนการอยู่ในสภาวะเสถียร ทั้งยังก่อให้เกิดความสูญเปล่า (Waste) ในเชิงวิศวกรรมและการจัดการอีกด้วย อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเห็นว่าในกรณีที่กระบวนการไม่อยู่ในสภาวะเสถียรการคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการ P_p และ P_{pk} จะเป็นประโยชน์

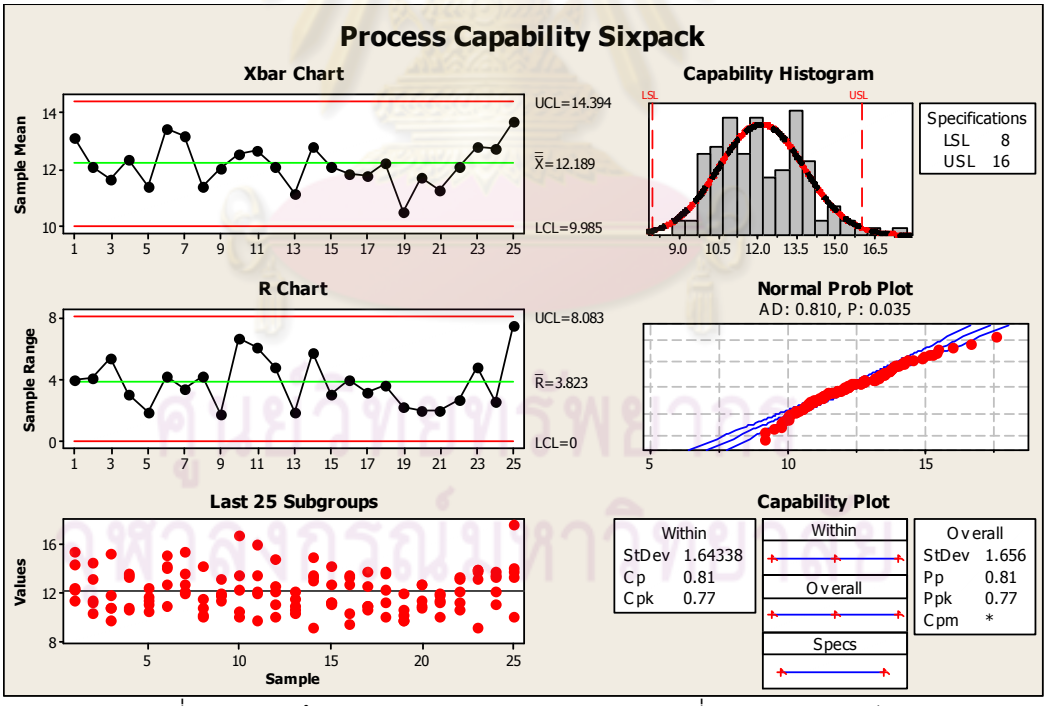
หรือเป็นโทษนั้นขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการศึกษาเป็นหลัก หากเป้าหมายของการศึกษาเพียงเพื่อต้องการทำนายหรือรายงานค่าความสามารถของกระบวนการแล้วก็จะเป็นความสูญเปล่าเพราะค่าที่ได้ไม่สามารถรับรองความสามารถของกระบวนการได้ แต่หากเป้าหมายของการศึกษาเป็นไปเพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงการบวนการโดยการมองหาช่องว่างระหว่างศักยภาพ (Potential) และสมรรถนะ (Performance) ของกระบวนการแล้ว ความแตกต่างระหว่างค่า C_p กับ P_p และ C_{pk} กับ P_{pk} ก็สามารถนำมาใช้ในการกำหนดเป้าหมายและสร้างแรงจูงใจในการปรับปรุงกระบวนการให้มีความเสถียรได้

สำหรับการศึกษาความสามารถของกระบวนการของโรงงานกรณีศึกษาผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการคำนวณหาค่าดัชนีต่างๆ สำหรับการศึกษาความสามารถของกระบวนการโดยอ้างอิงจากโปรแกรม Minitab Release 15 ดังตารางที่ 3.11 และ 3.12 โดยมีข้อพิจารณาคือ

- เพื่อไม่ให้เกิดความแตกต่างในวิธีการคำนวณและป้องกันความสับสนในการตีความจากการใช้ดัชนีความสามารถของกระบวนการหรือจากวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาได้ใช้โปรแกรม Minitab ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการเป็นหลักมาเป็นระยะเวลานานจนถึงปัจจุบัน
- งานวิจัยนี้ได้กำหนดขั้นตอนการศึกษาความสามารถของกระบวนการไว้หลังจากได้มีการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานแล้ว หากกระบวนการยังไม่มีความเสถียรการศึกษาความสามารถของกระบวนการจะแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในที่ผ่านมาของกระบวนการตลอดจนโอกาสและประโยชน์ในการปรับปรุงกระบวนการให้มีความเสถียร แต่ค่าความสามารถของกระบวนการที่ได้จะไม่สามารถนำไปใช้ในการทำนายได้ รูปที่ 3.33 แสดงตัวอย่างการศึกษาความสามารถของกระบวนการที่ไม่อยู่ในสภาวะเสถียร ในกรณีนี้ค่า C_p กับ P_p และ C_{pk} กับ P_{pk} จะมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งความแตกต่างนี้จะชี้ให้เห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการจากการกำจัดสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นกับกระบวนการโดยใช้แผนภูมิควบคุม และเมื่อการใช้แผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลทำให้กระบวนการมีความเสถียรดังเช่นรูปที่ 3.34 แล้วค่า C_p กับ P_p และ C_{pk} กับ P_{pk} จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากและสามารถที่จะคาดการณ์ความสามารถของกระบวนการได้ ในกรณีนี้ Montgomery (2005) กล่าวว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมค่า P_p ก็คือค่า C_p และ ค่า P_{pk} ก็คือค่า C_{pk} นั่นเอง



รูปที่ 3.33 การศึกษาความสามารถของกระบวนการที่ไม่อยู่ในสภาวะเสถียร



รูปที่ 3.34 การศึกษาความสามารถของกระบวนการที่อยู่ในสภาวะเสถียร

ตารางที่ 3.11 ดัชนีความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลผันแปรของโปรแกรม Minitab Release 15

ความสามารถของกระบวนการภายใน (Within Capability)	**ความสามารถของกระบวนการโดยรวม** (Overall Capability)
$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{within}}$	$P_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{overall}}$
$C_{pu} = \frac{USL - \overline{X}}{3\hat{\sigma}_{within}}$	$P_{pu} = \frac{USL - \overline{X}}{3\hat{\sigma}_{overall}}$
$C_{pl} = \frac{\overline{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{within}}$	$P_{pl} = \frac{\overline{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{overall}}$
$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$	$P_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$
$Z_{USL(within)} = \frac{USL - \overline{X}}{\hat{\sigma}_{within}}$	$Z_{USL(overall)} = \frac{USL - \overline{X}}{\hat{\sigma}_{within}}$
$Z_{LSL(within)} = \frac{\overline{X} - LSL}{\hat{\sigma}_{within}}$	$Z_{LSL(overall)} = \frac{\overline{X} - LSL}{\hat{\sigma}_{within}}$
$Z_{Bench(within)} = \Phi^{-1}(1 - P_1 - P_2)$ เมื่อ $P_1 = 1 - \Phi(Z_{LSL(within)})$ $P_2 = 1 - \Phi(Z_{USL(within)})$	$Z_{Bench(overall)} = \Phi^{-1}(1 - P_1 - P_2)$ เมื่อ $P_1 = 1 - \Phi(Z_{LSL(overall)})$ $P_2 = 1 - \Phi(Z_{USL(overall)})$

ความหมายของดัชนีความสามารถของกระบวนการและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในตารางที่ 3.11 มีดังนี้

C_p = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในเมื่อกระบวนการอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

C_{pu} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในด้านบน

C_{pl} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในด้านล่าง

C_{pk} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในเมื่อกระบวนการไม่อยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

P_p = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมเมื่อกระบวนการอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

P_{pu} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านบน

P_{pl} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านล่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P_{pk} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมเมื่อกระบวนการไม่อยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

$Z_{USL(within)}$ = ความสามารถของกระบวนการภายในด้านบนในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{LSL(within)}$ = ความสามารถของกระบวนการภายในด้านล่างในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{Bench(within)}$ = ความสามารถของกระบวนการภายในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{USL(overall)}$ = ความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านบนในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{LSL(overall)}$ = ความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านบนในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{Bench(overall)}$ = ความสามารถของกระบวนการโดยรวมในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

USL = พิกัดข้อกำหนดบน

LSL = พิกัดข้อกำหนดล่าง

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

$\hat{\sigma}_{within}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในของกระบวนการ

$\hat{\sigma}_{overall}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของกระบวนการ

$\Phi(X)$ = ค่าความน่าจะเป็นของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$\Phi^{-1}(X)$ = การผกผันฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.12 ค่าวัดความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะของโปรแกรม Minitab Release 15

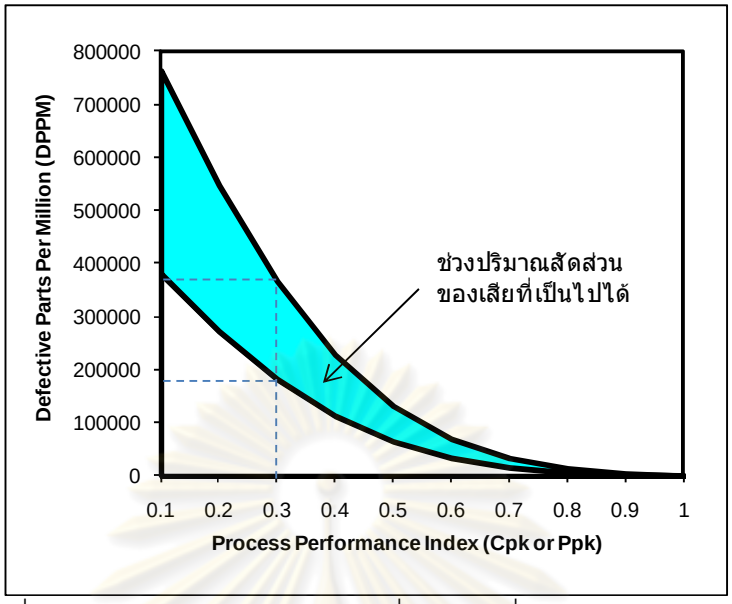
	ค่าวัดความสามารถของกระบวนการ
ข้อมูลจำนวนของเสีย	ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสีย $\bar{p} = \frac{D_{total}}{N}$ เมื่อ D_{total} = จำนวนของเสียทั้งหมด N = จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบทั้งหมด
	% ของเสีย % Defective = 100 x $\bar{p}$
	จำนวนของเสียต่อ 1 ล้านชิ้น PPM Defective = 1,000,000 x $\bar{p}$
	ความสามารถของกระบวนการในระดับซิกม่า Process Z = $-1 \times \Phi^{-1}(\bar{p})$ เมื่อ $\Phi^{-1}(X)$ = การผกผันฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน
ข้อมูลจำนวนตำหนิ	ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อกลุ่มตัวอย่าง Mean Defect = $\frac{d_{total}}{N_s}$ เมื่อ d_{total} = จำนวนตำหนิทั้งหมด N_s = จำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อกลุ่มตัวอย่างนี้สามารถคำนวณได้เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดคงที่เท่านั้น
	ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อหน่วย Mean DPU = $\frac{d_{total}}{N_{total}}$ เมื่อ d_{total} = จำนวนตำหนิทั้งหมด N_s = ผลรวมของขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

จากตารางที่ 3.11 ตัวแปรสำคัญที่แยกความแตกต่างระหว่างความสามารถของกระบวนการภายในและความสามารถของกระบวนการโดยรวมก็คือ $\hat{\sigma}_{within}$ และ $\hat{\sigma}_{overall}$ โดย

โปรแกรม Minitab มีวิธีการหลายวิธีในการคำนวณหาค่า $\hat{\sigma}_{within}$ โดยหากการเก็บข้อมูลเป็นแบบกลุ่มย่อย จะมีวิธีการในการคำนวณ 3 แบบคือ วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม วิธีค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยของกลุ่มย่อย และวิธีค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย ซึ่งทุกวิธีจะพิจารณาเฉพาะความผันแปรภายในกลุ่มย่อยเท่านั้นโดยไม่รวมความผันแปรระหว่างกลุ่มย่อยแต่ Minitab จะกำหนดวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมเป็นค่าเริ่มต้น (Default) เนื่องจากมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative efficiency) สูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ในกรณีที่เป็นการเก็บข้อมูลแบบตัวอย่างเดี่ยว Minitab จะมีวิธีการในการคำนวณค่า $\hat{\sigma}_{within}$ 3 วิธีคือ วิธีค่าเฉลี่ยของพิสัยเคลื่อนที่ วิธีค่ามัธยฐานของพิสัยเคลื่อนที่ และวิธีรากที่สองของค่าเฉลี่ย MSSD (Mean Squared Successive Differences) โดย Minitab กำหนดให้วิธีค่าเฉลี่ยของพิสัยเคลื่อนที่เป็นค่าเริ่มต้น สำหรับการคำนวณค่า $\hat{\sigma}_{overall}$ จะเป็นการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมดซึ่งจะรวมความผันแปรทั้งภายในและระหว่างกลุ่มย่อย

อย่างไรก็ตามในกรณีที่ความสามารถของกระบวนการต่ำ การใช้ค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ในการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการจะสามารถก่อให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปริมาณสัดส่วนของเสียของกระบวนการได้ เพราะค่า C_{pk} และ P_{pk} นั้นพิจารณาสัดส่วนของเสียจากพิกัดข้อกำหนดเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น จากรูปที่ 3.35 หากกระบวนการมีค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ที่ 0.3 ปริมาณสัดส่วนของเสียที่เป็นไปได้จะอยู่ในช่วง 184,060 ถึง 368,120 DPPM ซึ่งมีค่าแตกต่างกันมาก ดังนั้นในกรณีนี้การใช้ค่า Z_{Bench} ในการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการจะสื่อถึงปริมาณสัดส่วนของเสียได้แม่นยำกว่าเพราะค่า Z_{Bench} นั้นพิจารณาสัดส่วนของเสียจากพิกัดข้อกำหนดทั้งสองด้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.35 ช่วงปริมาณสัดส่วนของเสียที่เป็นไปได้ที่ค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ผลการศึกษาและกำหนดแนวปฏิบัติ

หากกระบวนการที่นำมาศึกษาความสามารถของกระบวนการไม่มีความเสถียร ความแตกต่างระหว่างค่า Cpk กับ Ppk หรือ $Z_{Bench(within)}$ กับ $Z_{Bench(overall)}$ ที่ได้ควรถูกนำมาใช้เป็นเป้าหมายและโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการ โดยใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือค้นหาและกำจัดสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกสภาวะควบคุม สำหรับกระบวนการที่มีความเสถียร ผลการศึกษาความสามารถของกระบวนการจะใช้ในการกำหนดแนวปฏิบัติโดย Grant (1996) ได้กำหนดแนวปฏิบัติไว้ 4 ประการคือ

1) ยังไม่ปฏิบัติการใดๆ กับกระบวนการ หากความสามารถของกระบวนการมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมายผู้ควบคุมกระบวนการก็สามารถตัดสินใจที่จะยังไม่ดำเนินการใดๆ กับกระบวนการนั้นๆ เพื่อที่จะสามารถไปดำเนินการกับงานอื่นๆ ที่มีลำดับความสำคัญมากกว่าได้

2) ปรับตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการ หากความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย และตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการไม่อยู่ตรงกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากความแตกต่างระหว่างค่า C_p กับค่า C_{pk} หรือในกรณีที่มีพิกัดควบคุมด้านเดียวแต่ตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการอยู่ใกล้กับพิกัดข้อกำหนดจนทำให้ค่าของชิ้นงานมีโอกาสที่จะออกนอกพิกัดข้อกำหนดได้สูง ก็ต้องปรับตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการให้มีค่าใกล้เคียงกับค่ากลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่างให้มากที่สุดในกรณีที่มีพิกัดควบคุมสองด้าน หรือปรับตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการให้ห่างจากพิกัดข้อกำหนดให้มากที่สุดในกรณีที่มีพิกัดควบคุมด้านเดียว

3) ลดความผันแปรของกระบวนการ โดยทั่วไปแล้วการลดความผันแปรของกระบวนการจะมีความซับซ้อนมากกว่าการปรับตำแหน่งของกระบวนการ อย่างไรก็ตามในกรณีที่แม้ว่าตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการจะอยู่ตรงกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดแล้วแต่ความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ก็จำเป็นที่จะต้องลดความผันแปรของกระบวนการลง โดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment หรือ DOE) ที่มีตัวแปรตามเป็นค่าความผันแปร รวมไปถึงการออกแบบเครื่องจักร หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ใหม่

4) ปรับเปลี่ยนพิกัดข้อกำหนด ในบางกรณีพิกัดข้อกำหนดอาจถูกกำหนดโดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดของเทคโนโลยีหรือความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการควบคุมกระบวนการ ในกรณีนี้ผู้ผลิตก็จำเป็นต้องทำการปรับเปลี่ยนพิกัดข้อกำหนดให้มีความเหมาะสม อย่างไรก็ตามแนวปฏิบัตินี้ควรใช้เป็นทางเลือกสุดท้ายในกรณีที่พิกัดข้อกำหนดไม่มีความเหมาะสมและไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการดำเนินการตามแนวปฏิบัติทั้ง 3 ข้อเท่านั้น

3.11 การทบทวนพิกัดควบคุม

เพื่อให้การใช้แผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมควรได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ โดยอาจกำหนดการทบทวนเป็นช่วงเวลาหรือตามจำนวนของกลุ่มย่อย เช่น ทุกเดือนหรือทุกไตรมาส หรือทุกๆ 25, 50, หรือ 100 กลุ่มย่อย เป็นต้น ทั้งนี้การกำหนดช่วงเวลาหรือจำนวนของกลุ่มย่อยในการทบทวนที่เหมาะสมนั้นผู้ควบคุมกระบวนการควรพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการ อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมนั้นไม่ควรเป็นการปรับเปลี่ยนที่เกิดขึ้นจากจากสาเหตุพิเศษ หรือปรับเปลี่ยนโดยไม่มีการค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลง

3.12 การสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.2-3.11 จะไม่สามารถเกิดประสิทธิผลได้หากปราศจากการสนับสนุนในด้านต่างๆ คือ การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร การจัดตั้งทีมงานและกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ การฝึกอบรม การจัดทำเอกสาร และการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและเรียบเรียงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจากเอกสาร งานวิจัยและมาตรฐานต่างๆ ของ อุมาวดี นุชนิยม (2547), Antony (2000), Antony และ Taner (2003), Boccacino (1993), Cheng และ Dawson (1998), Does, Schippers และ Trip (1997), Hewson, Sullivan และ Stenning (1996), Kumar และ Motwani (1996), Montgomery

(2005), EIA 557-B, IPC-9191 **มาจัดทำเป็นแนวทางในการสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานในแต่ละด้านดังนี้**

3.12.1 การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร

ผู้บริหารพึงดำเนินการสนันสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยการ

- กำหนดนโยบายและเป้าหมายกับในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- มอบอำนาจให้กับพนักงานระดับล่างให้สามารถดำเนินการควบคุมกระบวนการทางสถิติตลอดจนวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและดำเนินการแก้ไขปัญหาได้
- สนับสนุนทรัพยากรที่เพียงพอในการในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ
- ทบทวนผลการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติอย่างสม่ำเสมอ
- สนับสนุนให้มีการฝึกอบรมที่ครอบคลุมและเหมาะสมกับพนักงานแต่ละกลุ่มทั้งโรงงาน

3.12.2 การจัดตั้งทีมงาน

ควรดำเนินการจัดตั้งทีมงาน 2 ระดับคือ

1) ทีมงานระดับคณะกรรมการ ประกอบไปด้วยผู้จัดการแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ทำหน้าที่สนับสนุน ให้วิธีการ กำกับดูแล ตรวจประเมินและรายงานสถานะการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานของต่อฝ่ายบริหาร

2) ทีมงานระดับปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยวิศวกร หัวหน้าสายการผลิต ช่างเทคนิคและพนักงานฝ่ายผลิต ทำหน้าที่ใช้งานแผนภูมิควบคุมในสายการผลิตกระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบอยู่ในสภาวะควบคุม

3.12.3 การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ

การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบต้องมีความชัดเจนและครอบคลุมการดำเนินการในการใช้งานแผนภูมิควบคุมทั้งในด้านขั้นตอนการดำเนินการ การสนับสนุน และการตรวจประเมิน จึงควรมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบทั้งในระดับกลุ่ม และเป็นรายบุคคล โดยในระดับกลุ่มเป็นการกำหนดหน้าที่โดยทั่วไปของผู้บริหาร และพนักงานแต่ละกลุ่ม เพื่อให้การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมทุกส่วนทุกขั้นตอนมีผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน ทั้งนี้หน้าที่ความรับผิดชอบในระดับกลุ่มนี้จำเป็นต้องได้รับการระบุไว้ในเอกสารการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม สำหรับการกำหนดหน้าที่ในระดับรายบุคคลเป็นการระบุผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุมใดแผนภูมิหนึ่ง เพื่อให้การใช้งานแผนภูมิควบคุมในระดับปฏิบัติการมีความชัดเจน โดยแต่ละแผนภูมิควบคุมต้องมีการระบุชื่อทีมงานและผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานแผนภูมิควบคุมนั้นๆ

3.12.4 การจัดทำเอกสาร

รูปแบบการจัดทำเอกสารการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมควรสอดคล้องกับระบบเอกสารของระบบคุณภาพขององค์กร และจัดทำให้ครอบคลุมหัวข้อการดำเนินการใช้งานแผนภูมิ

ควบคุมอย่างมีประสิทธิผลทั้งหมดคือ ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

3.12.5 การฝึกอบรม

หลักสูตรในการฝึกอบรมต้องถูกออกแบบให้ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และเหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงานแต่ละกลุ่ม โดยเนื้อการฝึกอบรมพนักงานผ่ายผลิตไม่ควรเป็นเนื้อหาทางเทคนิค แต่ควรเป็นเนื้อหาที่เข้าใจง่าย และมุ่งเน้นที่การเก็บข้อมูล การใช้งานและตีความแผนภูมิควบคุม รวมถึงการปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ทั้งนี้การฝึกอบรมควรเริ่มต้นจากระดับผู้บริหารระดับสูงเป็นลำดับแรก เพื่อให้ผู้บริหารระดับสูงมีความเข้าใจและสนับสนุนการดำเนินการและขยายการฝึกอบรมไปตามลำดับชั้นขององค์กรจนถึงพนักงานในระดับปฏิบัติการ (Operator) และควรมีการประเมินผลการฝึกอบรมและวิเคราะห์ผลที่ได้เพื่อนำไปปรับปรุงหลักสูตรและแผนการฝึกอบรม

3.12.6 การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้ครอบคลุมขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น และช่วยป้องกันหรือลดความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ และทำให้การดำเนินการและการค้นหาสาเหตุเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมทำได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น

3.13 การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

การใช้แผนภูมิควบคุมในองค์กรจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรเป็นจำนวนมาก หากการใช้แผนภูมิควบคุมมีความผิดพลาดและขาดประสิทธิผล ทรัพยากรเหล่านี้ก็จะถูกใช้ไปโดยสูญเปล่า การจะทราบว่าการใช้แผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลหรือไม่ และมีโอกาสในการปรับปรุงตรงจุดใดบ้าง จำเป็นต้องมีการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างน้อยปีละครั้ง สำหรับโรงงานกรณีศึกษานั้นมีการตรวจประเมินการระบบคุณภาพ ซึ่งไม่ได้เป็นการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยตรง และไม่มีหัวข้อในการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้การตรวจประเมินด้วยมาตรฐานมาตรฐาน EIA 557-B และ ANSI/IPC-9191 นั้นก็เป็นการตรวจประเมินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ซึ่งมีขอบเขตกว้างและไม่ได้มีตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยตรง ส่วนบทความของ Boccacino (1993) นั้นแม้ว่าจะเป็นการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยตรงแต่ก็ยังขาดความครอบคลุมในหลายหัวข้อ เช่น การจัดตั้งทีมงาน ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ การเลือกพารามิเตอร์

ในการใช้แผนภูมิควบคุม เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิดในการตรวจประเมินจากบทความของ Boccacino (1993) และจากมาตรฐาน EIA 557-B และ ANSI/IPC-9191 ตลอดจนขั้นตอนและการสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลตามหัวข้อ 3.2-3.12 มาจัดทำเป็นรายการตรวจสอบ (Checklist) ดังตารางที่ 3.13 เพื่อใช้ในการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาจุดบกพร่องในการดำเนินการ และชี้ให้เห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงในการดำเนินการในหัวข้อต่างๆ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนในการตรวจประเมินดังนี้

คะแนนเท่ากับ 1 คือ ไม่มีการดำเนินการในหัวข้อนั้นๆ

คะแนนเท่ากับ 2 คือ มีการดำเนินการในหัวข้อนั้นๆ แต่การปฏิบัติหรือการจัดทำเอกสารหรือบันทึกที่เกี่ยวข้องยังไม่ครบถ้วนหรือมีการละเลย

คะแนนเท่ากับ 3 คือ มีการปฏิบัติหรือการจัดทำเอกสารหรือบันทึกที่เกี่ยวข้องในหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างดีและมีความครบถ้วน

ตารางที่ 3.13 รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
1 การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม				
1.1 ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร				
1.1.1	ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการให้นโยบาย กำหนดเป้าหมาย ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม			
1.1.2	ฝ่ายบริหารให้ทรัพยากรที่เพียงพอในการใช้งานแผนภูมิควบคุม และสนับสนุนให้พนักงานได้รับการฝึกอบรมที่จำเป็น ตลอดจนสนับสนุนให้มีการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมโดยปราศจากการลงโทษพนักงาน			
1.1.3	ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการทบทวนผลการใช้งานแผนภูมิควบคุมและให้แนวทางในการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ			
1.2 หน้าที่ความรับผิดชอบ				
1.2.1	มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้กับแต่ละกลุ่มหรือแต่ละบุคคลอย่างชัดเจนและมีการระบุไว้ในเอกสาร			
1.2.2	บทบาทหน้าที่ที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม			
1.2.3	พนักงานแต่ละกลุ่มเข้าใจหน้าที่ความรับผิดชอบของตนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนผลกระทบจากหน้าที่ความรับผิดชอบของตนที่มีต่อภาพรวม			
1.3 การจัดทำเอกสาร				
1.3.1	มีการจัดทำแนวทางหรือกระบวนการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร			
1.3.2	แนวทางหรือกระบวนการที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในทางปฏิบัติ			
1.3.3	พนักงานแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจและปฏิบัติตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้			
1.3.4	แนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิได้รับการทบทวน และปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ			

ตารางที่ 3.13 (ต่อ) รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
1.4	**ทีมงาน**			
1.4.1	มีการจัดตั้ง และกำหนดบทบาทหน้าที่ของทีมงานระดับคณะกรรมการเพื่อสนับสนุน กำกับดูแล และรายงานสถานะและผลการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน			
1.4.2	มีการจัดตั้งทีมงานในระดับปฏิบัติการเพื่อดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมกับกระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบ			
1.5	**การฝึกอบรม**			
1.5.1	มีการจัดทำเป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรม			
1.5.2	มีการกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับผู้บริหารและพนักงานทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม			
1.5.3	หลักสูตรการฝึกอบรมของผู้บริหารและพนักงานแต่ละกลุ่มได้รับการออกแบบให้มีความแตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละกลุ่ม			
1.5.4	เนื้อหาในการฝึกอบรมมีความครอบคลุมกับการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละกลุ่ม			
1.5.5	มีการจัดการฝึกอบรมตามแผนงานที่ได้วางไว้			
1.5.6	เป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรมได้รับการทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง และมีการแก้ไขและปรับปรุงการจัดการฝึกอบรมในกรณีที่การฝึกอบรมไม่เป็นไปตามเป้าหมาย			
1.6	**ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ**			
1.6.1	มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เช่น การเก็บข้อมูล การคำนวณค่าสถิติและพิกัดควบคุม การพล็อตแผนภูมิควบคุม การแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			
1.6.2	มีการพัฒนาและปรับปรุงระบบสารสนเทศ ให้มีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น ตลอดจนช่วยป้องกันหรือลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการได้			
2	**การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
2.1	**การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม**			
2.1.1	มีการจัดทำแนวทางในการเลือกกระบวนการและพารามิเตอร์ที่จะใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร			
2.1.2	กระบวนการและพารามิเตอร์ที่มีการใช้แผนภูมิควบคุมได้ถูกเลือกอย่างเหมาะสม			
2.1.3	การใช้แผนภูมิควบคุมมีลักษณะเป็นการดำเนินการเป็นโครงการ			
2.2	**การวิเคราะห์ระบบการวัด**			
2.2.1	มีการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม และดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างเหมาะสมในกรณีที่จำเป็น			
2.3	**การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล**			
2.3.1	กลุ่มย่อยที่กำหนดขึ้นสามารถสะท้อนสภาวะของกระบวนการและพารามิเตอร์ที่ต้องการควบคุมได้			
2.3.2	ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยไม่รวมความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษ			
2.3.3	ขนาดและความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมและสามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที			
2.4	**การบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม**			
2.4.1	มีการบ่งชี้และเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น และมีการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อหาสาเหตุพิเศษเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			

ตารางที่ 3.13 (ต่อ) รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
2.5	**การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม**			
2.5.1	มีการจัดทำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุม และจัดทำเป็นเอกสาร			
2.5.2	แผนภูมิควบคุมที่เลือกมาใช้งานมีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการ			
2.6	**การออกแบบแผนภูมิควบคุม**			
2.6.1	พิกัดควบคุมทดลองถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสม จากกลุ่มย่อยอย่างน้อย 25 กลุ่ม			
2.6.2	แผนภูมิควบคุมได้รับการตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบก่อนนำไปใช้งานในระยะยาว			
2.7	**กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม**			
2.7.1	มีการกำหนดกฎหรือวิธีการในการระบุสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเหมาะสม			
2.8	**กำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม**			
2.8.1	มีการกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเป็นขั้นตอน และจัดทำเป็นเอกสาร			
2.8.2	พนักงานได้ดำเนินการการค้นหาสาเหตุพิเศษตามแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			
2.8.3	การแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมเป็นไปอย่างทันท่วงที			
2.8.4	มีการจัดทำบันทึกการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			
2.8.5	มีความพยายามในการดำเนินการป้องกันไม่ให้สาเหตุพิเศษเกิดขึ้นซ้ำ			
2.8.6	แนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมได้รับการทบทวนและปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ			
2.9	**การศึกษาความสามารถของกระบวนการ**			
2.9.1	มีการศึกษาความสามารถของกระบวนการและที่มาของความผันแปร เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการ			
2.10	**การทบทวนพิกัดควบคุม**			
2.10.1	มีการกำหนดช่วงเวลาในการทบทวนพิกัดควบคุม			
2.10.2	พิกัดควบคุมได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการปรับพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุหรือปรับเปลี่ยนเนื่องจากสาเหตุพิเศษ			
2.10.3	มีการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้มีการใช้งาน			
2.11	**การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
2.11.1	มีการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างน้อยปีละครั้ง			
3	**ผลลัพธ์**			
3.1	**การใช้แผนภูมิควบคุมสามารถลดความผันแปรของกระบวนการ และบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้**			
คะแนนรวมที่ได้				

การตรวจประเมินดังตารางที่ 3.13 นี้มีหัวข้อในการตรวจประเมินทั้งหมด 45 ข้อซึ่งครอบคลุมทั้งการสนับสนุน ขั้นตอนการดำเนินการ และผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ดังนั้นการตรวจประเมินจึงได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเพื่อให้สอดคล้องกับความครอบคลุม

นี้ คือ ส่วนที่ 1 เป็นการตรวจประเมินการสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยมีหัวข้อในการตรวจประเมิน คือ ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร หน้าที่ความรับผิดชอบ การจัดทำเอกสาร ทีมงาน การฝึกอบรม ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนที่ 2 เป็นการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมตามแนวทางในการ 11 ขั้นตอน และส่วนที่ 3 เป็นการตรวจประเมินผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ในส่วนของคะแนนที่ได้จากการตรวจประเมินนั้น คะแนนที่ต่ำที่สุดคือ 45 และคะแนนเต็มคือ 135 โดยคะแนนต่ำจะอยู่ในช่วง 45-74 คะแนน ระดับปานกลางจะอยู่ในช่วง 75-104 คะแนน และในระดับสูงคือ 105-135 คะแนน อย่างไรก็ตามผู้รับการตรวจประเมินไม่ควรมุ่งเน้นที่คะแนนที่ได้จากการตรวจประเมินมากเกินไป ทั้งนี้เพราะวัตถุประสงค์หลักของการตรวจประเมินนี้ไม่ใช่เพื่อให้ได้ผลคะแนนจากการตรวจประเมิน แต่เป็นการชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องและโอกาสในการปรับปรุงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

3.14 สรุปการพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

ในบทนี้แนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ 10 ขั้นตอน คือ 1) จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิ 2) วิเคราะห์ระบบการวัด 3) พิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล 4) บ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม 5) เลือกชนิดแผนภูมิควบคุม 6) ออกแบบแผนภูมิควบคุม 7) กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม 8) กำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม 9) ศึกษาความสามารถของกระบวนการ 10) ทบทวนพิกัดควบคุม

ส่วนที่ 2 เป็นการสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล ซึ่งประกอบไปด้วย การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร การจัดตั้งทีมงาน การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ การจัดทำเอกสาร การฝึกอบรม และการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ส่วนที่ 3 เป็นการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยมีหัวข้อในการตรวจประเมินทั้งหมด 45 หัวข้อ ซึ่งครอบคลุมทั้งการสนับสนุน การดำเนินการ และผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ทั้งนี้แนวทางในการดำเนินการทั้ง 3 ส่วนได้ถูกรวบรวมและจัดทำเป็นคู่มือแนวทางในการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผลในภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
กรณีศึกษา: การนำคู่มือแนวทางสำหรับการใช้งานแผนภูมิควบคุมไปใช้งานกับโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

4.1 การบ่งชี้ปัญหาในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ในบทที่ 1 ข้อบกพร่องของแผนภูมิควบคุมและสภาพปัญหาเบื้องต้นในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมได้ถูกบ่งชี้ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ปัญหาในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมได้ถูกบ่งชี้ไปอย่างครบถ้วน รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจึงได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อบ่งชี้ข้อบกพร่องในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษาทั้งในด้านการสนับสนุน การดำเนินการและผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยผลจากการตรวจประเมินในแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

1) การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

1.1) ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร

1.1.1) ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการให้นโยบาย กำหนดเป้าหมาย ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ฝ่ายบริหารไม่ได้กำหนดนโยบายหรือเป้าหมายในการใช้แผนภูมิควบคุมที่ชัดเจน ทั้งนี้การตัดสินใจใช้แผนภูมิมีลักษณะเป็นการตัดสินใจเป็นครั้งๆ หรือเมื่อได้รับคำร้องขอจากลูกค้า (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

1.1.2) ฝ่ายบริหารให้ทรัพยากรที่เพียงพอในการใช้งานแผนภูมิควบคุม และสนับสนุนให้พนักงานได้รับการฝึกอบรมที่จำเป็น ตลอดจนสนับสนุนให้มีการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมโดยปราศจากการลงโทษพนักงาน

ฝ่ายบริหารสนับสนุนทรัพยากรในการใช้งานแผนภูมิควบคุมผ่านการมอบหมายงานให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่มีแผนงานการฝึกอบรมของพนักงานในหน่วยงานของตน และไม่มีการให้ทิศทางที่ชัดเจนในการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ทั้งนี้การตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมจะถูกกำหนดโดยวิศวกรกระบวนการเป็นหลัก (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.1.3) ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการทบทวนผลการใช้งานแผนภูมิควบคุม และให้แนวทางในการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ

ฝ่ายบริหารไม่ได้มีส่วนร่วมในการทบทวนผลการใช้งานแผนภูมิควบคุม (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

1.2) หน้าที่ความรับผิดชอบ

1.2.1) มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้กับแต่ละกลุ่มหรือแต่ละบุคคลอย่างชัดเจนและมีการระบุไว้ในเอกสาร

มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในภาพรวมของพนักงานแต่ละกลุ่มไว้ในเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control Procedure) ดังภาคผนวก ก แต่ไม่ได้มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบเป็นรายบุคคลของแต่ละแผนภูมิ (คะแนนที่ได้ = 3 คะแนน)

1.2.2) บทบาทหน้าที่ที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

บทบาทหน้าที่ที่กำหนดขึ้นยังไม่ครอบคลุมในส่วนของหัวหน้าสายการผลิต ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนและใช้แผนภูมิควบคุมในสายการผลิตของตน ตลอดจนการประสานงานกับพนักงานกลุ่มอื่นเพื่อแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.2.3) พนักงานแต่ละกลุ่มเข้าใจหน้าที่ความรับผิดชอบของตนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนผลกระทบจากหน้าที่ความรับผิดชอบของตนที่มีต่อภาพรวม

มีพนักงานเพียงบางกลุ่มคือ ผู้บริหาร พนักงานในระดับวิศวกรและหัวหน้าสายการผลิตที่สามารถอธิบายความรับผิดชอบของตนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนผลกระทบจากหน้าที่ความรับผิดชอบของตนที่มีต่อภาพรวมได้ ส่วนพนักงานในระดับช่างเทคนิค พนักงานฝ่ายผลิตยังขาดความเข้าใจในด้านผลกระทบจากหน้าที่ความรับผิดชอบของตนที่มีต่อภาพรวม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.3) การจัดทำเอกสาร

1.3.1) มีการจัดทำแนวทางหรือกระบวนการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร

มีการจัดทำแนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมไว้ในเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (คะแนนที่ได้ = 3 คะแนน)

1.3.2) แนวทางหรือกระบวนการที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในทางปฏิบัติ

แนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมยังขาดความครอบคลุมในส่วนของ การวิเคราะห์ระบบการวัด การบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม การกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม และการศึกษาความสามารถของกระบวนการ (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.3.3) พนักงานแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจและปฏิบัติตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้

พนักงานทราบถึงแนวทางการปฏิบัติ แต่ยังพบการละเลยในการปฏิบัติจริง (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.3.4) แนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิได้รับการทบทวน และปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ

แนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมได้รับการทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง แต่ส่วนใหญ่เป็นการแก้ไขในส่วนที่ขัดแย้งกับทฤษฎี โดยไม่ได้นำประเด็นปัญหาในการใช้งานแผนภูมิควบคุมมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงแก้ไข (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.4) ทีมงาน

1.4.1) มีการจัดตั้ง และกำหนดบทบาทหน้าที่ของทีมงานระดับคณะกรรมการเพื่อสนับสนุน กำกับดูแล และรายงานสถานะและผลการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน

ไม่มีการจัดตั้งทีมงานในระดับคณะกรรมการ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

1.4.2) มีการจัดตั้งทีมงานในระดับปฏิบัติการเพื่อดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมกับกระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบ

การจัดตั้งทีมงานในระดับปฏิบัติการยังขาดความชัดเจน คือ เป็นการจัดตั้งทีมงานผ่านการมอบหมายงานจากผู้บริหารเป็นครั้งๆ แต่ไม่มีการกำหนดเป็นเอกสารที่ชัดเจน (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.5) การฝึกอบรม

1.5.1) มีการจัดทำเป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรม

มีเป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรม แต่เป้าหมายมีเพียงการกำหนดให้มีการฝึกอบรมเพียงปีละ 2 ครั้ง ซึ่งไม่เพียงพอและไม่สอดคล้องกับจำนวนพนักงานซึ่งจำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.5.2) มีการกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับผู้บริหารและพนักงานทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม

มีเพียงหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับพนักงานในระดับวิศวกร หัวหน้าสายการผลิต และช่างเทคนิคเท่านั้น แต่ไม่มีการจัดฝึกอบรมสำหรับผู้บริหาร พนักงานฝ่ายผลิต และพนักงานควบคุมคุณภาพ (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.5.3) หลักสูตรการฝึกอบรมของผู้บริหารและพนักงานแต่ละกลุ่มได้รับการออกแบบให้มีความแตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละกลุ่ม

หลักสูตรการฝึกอบรมมีเพียง 1 หลักสูตรเท่านั้น ทำให้พนักงานในระดับวิศวกร หัวหน้าสายการผลิต และช่างเทคนิค ได้รับการฝึกอบรมในหลักสูตรเดียวกัน (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

1.5.4) เนื้อหาในการฝึกอบรมมีความครอบคลุมกับการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละกลุ่ม

เนื้อหาการฝึกอบรมสำหรับวิศวกร หัวหน้าสายการผลิต และช่างเทคนิค เน้นไปที่ทฤษฎีการคำนวณและการตีความแผนภูมิควบคุม แต่ไม่ครอบคลุมถึงขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

1.5.5) มีการจัดการฝึกอบรมตามแผนงานที่ได้วางไว้

มีความล่าช้าในการจัดการฝึกอบรมสำหรับพนักงานในระดับวิศวกร หัวหน้าสายการผลิต และช่างเทคนิค จากแผนงานที่ได้วางไว้เป็นบางครั้ง (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.5.6) เป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรมได้รับการทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง และมีการแก้ไขและปรับปรุงการจัดการฝึกอบรมในกรณีที่การฝึกอบรมไม่เป็นไปตามเป้าหมาย

มีการทบทวนเป้าหมายในการจัดการฝึกอบรมปีละครั้ง แต่เป้าหมายที่กำหนดนั้นเหมือนกับเป้าหมายในปีก่อนๆ โดยไม่ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้การจัดการฝึกอบรมถูกพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

1.6) ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

1.6.1) มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เช่น การเก็บข้อมูล การคำนวณค่าสถิติและพิกัดควบคุม การพล๊อตแผนภูมิควบคุม การแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอยู่บนระบบเครือข่ายภายในของโรงงาน (คะแนนที่ได้ = 3 คะแนน)

1.6.2) มีการพัฒนาและปรับปรุงระบบสารสนเทศ ให้มีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น ตลอดจนช่วยป้องกันหรือลดความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการได้

มีการพัฒนาและปรับปรุงระบบสารสนเทศแต่เพียงเล็กน้อย โดยเป็นการแก้ไขระบบเพื่อป้องกันความผิดพลาดเล็กๆ น้อยๆ แต่ไม่ได้พัฒนาให้สามารถป้องกันปัญหาที่สำคัญหรือให้ครอบคลุมการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2) การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

2.1) การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

2.1.1) มีการจัดทำแนวทางในการเลือกกระบวนการและพารามิเตอร์ที่จะใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร

ไม่มีเอกสารแสดงแนวทางที่ชัดเจนในการเลือกกระบวนการและพารามิเตอร์ที่จะใช้แผนภูมิควบคุม (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.1.2) กระบวนการและพารามิเตอร์ที่มีการใช้แผนภูมิควบคุมได้ถูกเลือกอย่างเหมาะสม

พารามิเตอร์ที่ควบคุมส่วนใหญ่ถูกร้องขอจากลูกค้าเป็นครั้งๆ และมีหลายพารามิเตอร์ที่วิศวกรกระบวนการไม่สามารถตอบได้อย่างชัดเจนว่าพารามิเตอร์นั้นๆ มีผลกระทบหรือมีความสำคัญอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.1.3) การใช้แผนภูมิควบคุมมีลักษณะเป็นการดำเนินการเป็นโครงการ

การใช้แผนภูมิไม่ได้มีลักษณะเป็นการดำเนินการเป็นโครงการ แต่เป็นแบบเปิดกว้าง คือ วิศวกรสามารถสร้างแผนภูมิควบคุมได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องผ่านการเห็นชอบหรือได้รับการอนุมัติหรือตรวจสอบใดๆ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.2) การวิเคราะห์ระบบการวัด

2.2.1) มีการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุมและดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างเหมาะสมในกรณีที่จำเป็น

มีการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นบางครั้ง แต่การวิเคราะห์ระบบการวัดไม่ได้ถูกระบุให้เป็นขั้นตอนหนึ่งของการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.3) การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

2.3.1) กลุ่มย่อยที่กำหนดขึ้นสามารถสะท้อนสภาวะของกระบวนการและพารามิเตอร์ที่ต้องการควบคุมได้

ผู้ออกแบบแผนภูมิควบคุมขาดความเข้าใจในกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล ทำให้กลุ่มย่อยถูกกำหนดขึ้นตามวิธีการที่เคยปฏิบัติต่อกันมาโดยไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่าทำไมจึงเลือกและเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยเช่นนั้น (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.3.2) ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยไม่รวมความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษ

มีแผนภูมิควบคุมบางแผนภูมิที่ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยได้รวมความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษไว้ด้วย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการที่จุดพล็อตบนแผนภูมิอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.3.3) ขนาดและความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมและสามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที

ขนาดและความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยถูกกำหนดโดยไม่มีการคำนวณหรือพิจารณาค่า ARL_0 หรือ ARL_1 แต่กำหนดจากขนาดหรือความถี่ที่เคยใช้กันมาหรือตามความสะดวกในการเก็บข้อมูล (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.4) การบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

2.4.1) มีการบ่งชี้และเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น และมีการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อหาสาเหตุพิเศษเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

ไม่มีการบ่งชี้และเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูลเพื่อพล็อตแผนภูมิควบคุม แต่จะใช้ข้อมูลซึ่งถูกเก็บเป็นประจำอยู่แล้วจากระบบสารสนเทศมาวิเคราะห์เป็นครั้งๆ ไป ทำให้ไม่มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์หรือต้องเสียเวลาเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่ในระบบกับข้อมูลที่ใช้พล็อตแผนภูมิ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.5) การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม

2.5.1) มีการจัดทำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุม และจัดทำเป็นเอกสาร

มีการจัดทำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมไว้ในเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ แต่ชนิดของแผนภูมิควบคุมที่มียังไม่ครอบคลุมลักษณะของกระบวนการที่มีความแตกต่างกัน และไม่สอดคล้องกับชนิดของแผนภูมิควบคุมที่มีอยู่ในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ(คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.5.2) แผนภูมิควบคุมที่เลือกมาใช้งานมีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการ

แผนภูมิควบคุมที่เลือกใช้มีเพียงแผนภูมิค่าเฉลี่ย และพิสัยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่านั้น ซึ่งมีหลายแผนภูมิที่ถูกเลือกโดยไม่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการ (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.6) การออกแบบแผนภูมิควบคุม

2.6.1) พิกัดควบคุมทดลองถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสม จากกลุ่มย่อยอย่างน้อย 25 กลุ่ม

พิกัดควบคุมในบางแผนภูมิถูกกำหนดขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากกลุ่มย่อยจำนวนน้อยกว่า 25 กลุ่ม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.6.2) แผนภูมิควบคุมได้รับการตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบก่อนนำไปใช้งานในระยะยาว

แผนภูมิควบคุมถูกนำไปใช้ในระยะยาวโดยไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7) กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม

2.7.1) มีการกำหนดกฎหรือวิธีการในการระบุสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเหมาะสม

มีหลายแผนภูมิควบคุมที่ผู้ออกแบบไม่สามารถตอบได้อย่างชัดเจนว่าทำไมจึงกำหนดกฎในการระบุสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมเช่นนั้น และมีบางแผนภูมิที่ไม่ได้มีการกำหนดกฎหรือวิธีการใดๆ ที่จะระบุสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.8) กำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม

2.8.1) มีการกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเป็นขั้นตอน และจัดทำเป็นเอกสาร

เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไม่ได้ระบุให้ต้องมีการจัดทำ OCAP ควบคู่ไปกับการสร้างแผนภูมิควบคุม จึงมีเพียงบางแผนภูมิที่มี OCAP และ OCAP นั้นๆ ก็ไม่ได้อยู่ในระบบเอกสาร (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.8.2) พนักงานได้ดำเนินการค้นหาสาเหตุพิเศษตามแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

ยังมีการละเลยในการดำเนินการค้นหาสาเหตุพิเศษตามแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.8.3) การแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมเป็นไปอย่างทันท่วงที

การแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมโดยส่วนใหญ่ไม่ทันท่วงที เนื่องจากหน้าที่ในการแก้ไขปัญหาถูกจำกัดอยู่แต่ในระดับวิศวกรซึ่งทำงานในช่วงเวลาสำนักงานเท่านั้น นอกจากนี้เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไม่ได้กำหนดเวลาในการเริ่มแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม แต่กำหนดให้แก้ไขปัญหาให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา 1 หรือ 3 วันแล้วแต่กรณี ทำให้เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมการแก้ไขปัญหาไม่ได้ถูกเริ่มโดยทันที (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.8.4) มีการจัดทำบันทึกการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

บันทึกการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมถูกจัดทำเป็นบางครั้ง (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.8.5) มีความพยายามในการดำเนินการป้องกันไม่ให้สาเหตุพิเศษเกิดขึ้นซ้ำ

ไม่มีการดำเนินการเพื่อป้องกันไม่ให้สาเหตุพิเศษเกิดขึ้นซ้ำ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.8.6) แนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมได้รับการทบทวนและปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ

ไม่มีเอกสารที่แสดงให้เห็นได้ว่า OCAP ที่จัดทำขึ้นได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.9) การศึกษาความสามารถของกระบวนการ

2.9.1) มีการศึกษาความสามารถของกระบวนการและที่มาของความผันแปรเพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการ

ไม่มีการนำข้อมูลจากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมไปศึกษาความสามารถของกระบวนการ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.10) การทบทวนพิกัดควบคุม

2.10.1) มีการกำหนดช่วงเวลาในการทบทวนพิกัดควบคุม

มีการกำหนดให้ทบทวนพิกัดควบคุมในทุกไตรมาสไว้ในเอกสารการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (คะแนนที่ได้ = 3 คะแนน)

2.10.2) พิกัดควบคุมได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการปรับพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุหรือปรับเปลี่ยนเนื่องจากสาเหตุพิเศษ

พิกัดควบคุมในหลายแผนภูมิไม่ได้รับการทบทวนตามที่ได้กำหนดไว้ หรือถูกเปลี่ยนแปลงโดยไม่มีการระบุสาเหตุ (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

2.10.3) มีการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้มีการใช้งาน

ไม่มีการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้ใช้งาน (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน)

2.11) การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

2.11.1) มีการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างน้อยปีละครั้ง

มีการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเพียงเล็กน้อยในระหว่างการตรวจประเมินระบบคุณภาพประจำปี (คะแนนที่ได้ = 2 คะแนน)

3) ผลลัพธ์

3.1) การใช้แผนภูมิควบคุมสามารถลดความผันแปรของกระบวนการ และบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

ไม่สามารถเชื่อมโยงหรือแสดงให้เห็นได้ว่าการใช้แผนภูมิควบคุมช่วยให้ความผันแปรของกระบวนการลดลงได้ (คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน) นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมที่มีความบกพร่องยังมีสัดส่วนถึง 98.8%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คะแนนจากการจากการตรวจประเมินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนจากการจากการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
1	**การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
1.1	**ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร**			
1.1.1	ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการให้นโยบาย กำหนดเป้าหมาย ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม	1		
1.1.2	ฝ่ายบริหารให้ทรัพยากรที่เพียงพอในการใช้งานแผนภูมิควบคุม และสนับสนุนให้พนักงานได้รับการฝึกอบรมที่จำเป็น ตลอดจนสนับสนุนให้มีการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมโดยปราศจากการลงโทษพนักงาน		2	
1.1.3	ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการทบทวนผลการใช้งานแผนภูมิควบคุมและให้แนวทางในการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ	1		
1.2	**หน้าที่ความรับผิดชอบ**			
1.2.1	มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้กับแต่ละกลุ่มหรือแต่ละบุคคลอย่างชัดเจนและมีการระบุไว้ในเอกสาร			3
1.2.2	บทบาทหน้าที่ที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม		2	
1.2.3	พนักงานแต่ละกลุ่มเข้าใจหน้าที่ความรับผิดชอบของตนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนผลกระทบจากหน้าที่ความรับผิดชอบของตนที่มีต่อภาพรวม		2	
1.3	**การจัดทำเอกสาร**			
1.3.1	มีการจัดทำแนวทางหรือกระบวนการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร			3
1.3.2	แนวทางหรือกระบวนการที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในทางปฏิบัติ		2	
1.3.3	พนักงานแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจและปฏิบัติตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้		2	
1.3.4	แนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิได้รับการทบทวน และปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ		2	
1.4	**ทีมงาน**			
1.4.1	มีการจัดตั้ง และกำหนดบทบาทหน้าที่ของทีมงานระดับคณะกรรมการเพื่อสนับสนุน กำกับดูแลและรายงานสถานะและผลการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน	1		
1.4.2	มีการจัดตั้งทีมงานในระดับปฏิบัติการเพื่อดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมกับกระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบ		2	
1.5	**การฝึกอบรม**			
1.5.1	มีการจัดทำเป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรม		2	
1.5.2	มีการกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับผู้บริหารและพนักงานทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม		2	
1.5.3	หลักสูตรการฝึกอบรมของผู้บริหารและพนักงานแต่ละกลุ่มได้รับการออกแบบให้มีความแตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละกลุ่ม	1		
1.5.4	เนื้อหาในการฝึกอบรมมีความครอบคลุมกับการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละกลุ่ม	1		
1.5.5	มีการจัดการฝึกอบรมตามแผนงานที่ได้วางไว้		2	
1.5.6	เป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรมได้รับการทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง และมีการแก้ไขและปรับปรุงการจัดการฝึกอบรมในกรณีที่การฝึกอบรมไม่เป็นไปตามเป้าหมาย		2	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คะแนนจากการจากการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
1.6	**ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ**			
1.6.1	มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เช่น การเก็บข้อมูล การคำนวณค่าสถิติและพิกัดควบคุม การพล็อตแผนภูมิควบคุม การแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			3
1.6.2	มีการพัฒนาและปรับปรุงระบบสารสนเทศ ให้มีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น ตลอดจนช่วยป้องกันหรือลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการได้		2	
2	**การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
2.1	**การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม**			
2.1.1	มีการจัดทำแนวทางในการเลือกกระบวนการและพารามิเตอร์ที่จะใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร	1		
2.1.2	กระบวนการและพารามิเตอร์ที่มีการใช้แผนภูมิควบคุมได้ถูกเลือกอย่างเหมาะสม	1		
2.1.3	การใช้แผนภูมิควบคุมมีลักษณะเป็นการดำเนินการเป็นโครงการ	1		
2.2	**การวิเคราะห์ระบบการวัด**			
2.2.1	มีการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม และดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างเหมาะสมในกรณีที่จำเป็น		2	
2.3	**การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล**			
2.3.1	กลุ่มย่อยที่กำหนดขึ้นสามารถสะท้อนสภาวะของกระบวนการและพารามิเตอร์ที่ต้องการควบคุมได้	1		
2.3.2	ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยไม่รวมความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษ	1		
2.3.3	ขนาดและความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมและสามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที	1		
2.4	**การบ่งชี้ข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม**			
2.4.1	มีการบ่งชี้และเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น และมีการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อหาสาเหตุพิเศษเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม	1		
2.5	**การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม**			
2.5.1	มีการจัดทำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุม และจัดทำเป็นเอกสาร		2	
2.5.2	แผนภูมิควบคุมที่เลือกมาใช้งานมีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการ		2	
2.6	**การออกแบบแผนภูมิควบคุม**			
2.6.1	พิกัดควบคุมทดลองถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสม จากกลุ่มย่อยอย่างน้อย 25 กลุ่ม		2	
2.6.2	แผนภูมิควบคุมได้รับการตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบก่อนนำไปใช้งานในระยะยาว	1		
2.7	**กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม**			
2.7.1	มีการกำหนดกฎหรือวิธีการในการระบุสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเหมาะสม		2	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คะแนนจากการจากการตรวจประเมินการดำเนินการ
ใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
2.8	**กำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม**			
2.8.1	มีการกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเป็นขั้นตอน และจัดทำเป็นเอกสาร		2	
2.8.2	พนักงานได้ดำเนินการค้นหาสาเหตุพิเศษตามแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม		2	
2.8.3	การแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมเป็นไปอย่างทันท่วงที		2	
2.8.4	มีการจัดทำบันทึกการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม		2	
2.8.5	มีความพยายามในการดำเนินการป้องกันไม่ให้สาเหตุพิเศษเกิดขึ้นซ้ำ	1		
2.8.6	แนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมได้รับการทบทวนและปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ	1		
2.9	**การศึกษาความสามารถของกระบวนการ**			
2.9.1	มีการศึกษาความสามารถของกระบวนการและที่มาของความผันแปร เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการ	1		
2.10	**การทบทวนพิกัดควบคุม**			
2.10.1	มีการกำหนดช่วงเวลาในการทบทวนพิกัดควบคุม			3
2.10.2	พิกัดควบคุมได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการปรับพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุหรือปรับเปลี่ยนเนื่องจากสาเหตุพิเศษ		2	
2.10.3	มีการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้มีการใช้งาน	1		
2.11	**การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
2.11.1	มีการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างน้อยปีละครั้ง		2	
3	**ผลลัพธ์**			
3.1	**การใช้แผนภูมิควบคุมสามารถลดความผันแปรของกระบวนการ และบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้**	1		
คะแนนรวมที่ได้		76		

สรุปผลการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

คะแนนรวมที่ได้จากการตรวจประเมินคือ 76 คะแนน ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำเพราะได้คะแนนสูงกว่าคะแนนระดับต่ำเพียง 2 คะแนนเท่านั้น ทั้งนี้หัวข้อที่ได้คะแนนเพียง 1 คะแนนมีจำนวนถึง 18 หัวข้อหรือ 40% จากหัวข้อทั้งหมด หัวข้อที่ได้ 2 คะแนนมี 23 หัวข้อหรือ 51.1% จากหัวข้อทั้งหมด และมีหัวข้อที่ได้ 3 คะแนนเพียง 4 หัวข้อหรือ 8.9% จากหัวข้อทั้งหมด นอกจากนี้ผลจากการตรวจประเมินแสดงให้เห็นว่าการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษานั้นมีความบกพร่องทั้งในด้านการสนับสนุน การดำเนินการและผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจึงมีความจำเป็นที่จะได้รับการแก้ไข

4.2 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

ผลจากการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความบกพร่องในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในหลายด้านและหลายขั้นตอน ดังนั้นการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ใช้งาน และการแก้ไขปัญหาที่ตัวแผนภูมิควบคุมทีมีความบกพร่องทีละแผนภูมิจึงขาดความเหมาะสม เพราะแผนภูมิที่มีปัญหานั้นมีเป็นจำนวนมากและการแก้ปัญหาที่ตัวแผนภูมินั้นเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุซึ่งไม่สามารถป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นซ้ำได้ ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงต้องดำเนินการทั้งในด้านการสนับสนุนและการดำเนินการ เพื่อให้ผลลัพธ์จากการดำเนินการมีประสิทธิผล

การแก้ปัญหาทั้งในด้านการสนับสนุนและการดำเนินการกับระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่มีอยู่ในปัจจุบันและความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระบบเดิม จึงควรพัฒนาระบบใหม่ขึ้นควบคู่ไปกับการคงอยู่ของระบบเดิม แล้วจึงย้าย (Migrate) พารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้แผนภูมิควบคุมไปสู่ระบบใหม่ โดยจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม และดำเนินการตามขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่ถูกจัดทำขึ้นใหม่ ส่วนระบบเดิมนั้นจะไม่อนุญาติให้มีการสร้างแผนภูมิควบคุมเพิ่มเติมและแผนภูมิที่มีอยู่จะค่อยๆ ถูกยกเลิกไป ทั้งนี้แนวทางในการแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงการสนับสนุนต่างๆ ตลอดจนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร

การเปลี่ยนแปลงวิธีการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่เคยปฏิบัติกันมาอย่างยาวนานจะก่อให้เกิดแรงต้านจากหลายฝ่าย ดังนั้นฝ่ายบริหารจึงเป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดต่อความสำเร็จในการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยรายละเอียดการสนับสนุนจากฝ่ายบริหารที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

ผู้บริหารสูงสุดของฝ่ายปฏิบัติการขององค์กร

- ให้นโยบายและเป้าหมายกับหัวหน้าหน่วยธุรกิจในการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

- เป็นประธานหรือแต่งตั้งประธานคณะกรรมการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจากผู้บริหารระดับสูงเพื่อการดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงาน

- สนับสนุนคณะกรรมการในการดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยการสนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็น ตลอดจนช่วยลดแรงต้านและแก้ไขข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลง

- สนับสนุนให้มีการฝึกอบรมที่ครอบคลุม เพียงพอและต่อเนื่องแก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งโรงงาน

- มีส่วนร่วมในการทบทวนผลการดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

หัวหน้าหน่วยธุรกิจ

- สนับสนุนคณะกรรมการในการดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมภายในหน่วยธุรกิจของตน

- ช่วยสื่อสารและทำความเข้าใจกับลูกค้าและพนักงานในถึงความจำเป็นในการเปลี่ยนแปลง และต่อรองกับลูกค้าเพื่อไม่ให้มีการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่ไม่จำเป็น

- จัดทำแผนการฝึกอบรมในหน่วยงานของตน และสนับสนุนให้พนักงานได้รับการฝึกอบรมตามแผนที่กำหนด

- กำหนดเป้าหมาย นโยบาย และพิจารณาอนุมัติการใช้งานแผนภูมิควบคุมในหน่วยธุรกิจ

- กำหนดทิศทางในการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม เช่น การกำหนดเงื่อนไขในการหยุดสายการผลิต เป็นต้น

- ทบทวนผลการดำเนินการและนำผลการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในหน่วยธุรกิจเพื่อนำไปปรับปรุง

4.2.2 จัดตั้งทีมงาน

เพื่อปรับเปลี่ยนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้มีลักษณะเป็นโครงการและดำเนินการเป็นทีม จึงต้องมีการตั้งทีมงาน 2 ระดับ คือ

1) ทีมงานระดับคณะกรรมการ ประกอบไปด้วยผู้บริหารระดับสูงคือ ผู้จัดการโรงงาน ผู้อำนวยการฝ่ายคุณภาพ หัวหน้าหน่วยธุรกิจ ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ และวิศวกรแผนกการฝึกอบรมและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง มีหน้าที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลง ให้วิธีการ กำกับดูแล ตรวจประเมินและรายงานสถานะและผลการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานต่อฝ่ายบริหาร

2) ทีมงานระดับปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยหัวหน้าทีมคือ วิศวกรกระบวนการหรือวิศวกรคุณภาพ และสมาชิกคือ วิศวกรซ่อมบำรุง หัวหน้าสายการผลิต ช่างเทคนิคฝ่ายกระบวนการ ช่างเทคนิคฝ่ายซ่อมบำรุง พนักงานฝ่ายผลิต พนักงานควบคุมคุณภาพ ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการโดยใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อให้กระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบอยู่ในสภาวะควบคุม ทั้งนี้ในแผนภูมิควบคุมแต่ละแผนภูมิจะต้องมีรายชื่อสมาชิกในทีมงานที่รับผิดชอบแผนภูมินั้นๆ ระบุไว้

4.2.3 กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ

กำหนดหน้าที่ของผู้บริหาร พนักงาน คณะกรรมการและทีมงานแต่ละกลุ่มให้ครอบคลุมและสอดคล้องกับการสนับสนุนและการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการการสนับสนุน
และการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา

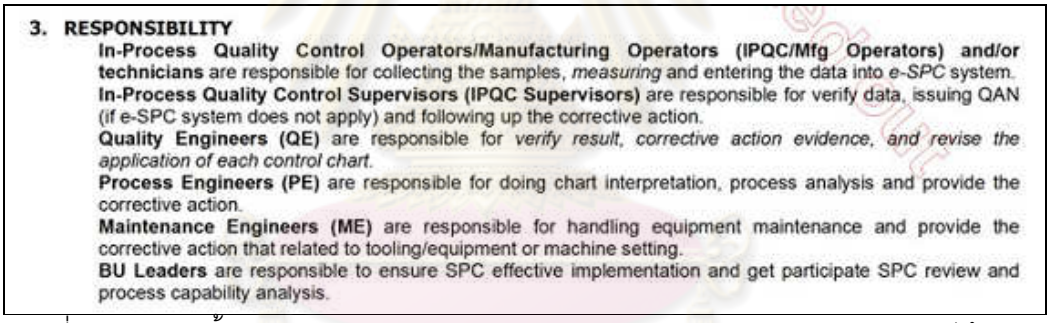
หน้าที่และความรับผิดชอบ	ผู้จัดการโรงงาน	หัวหน้าหน่วยธุรกิจ	คณะกรรมการ	วิศวกรการฝึกอบรม	ผู้จัดการแผนก IT	วิศวกร IT	ช่างเทคนิค IT	ทีมงานระดับปฏิบัติการ	วิศวกรซ่อมบำรุง	ช่างซ่อมบำรุง	หน้างานสายการผลิต
การสนับสนุน											
กำหนดเป้าหมายการใช้งานแผนภูมิควบคุม	Plant	BU									
แต่งตั้งคณะกรรมการการสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม	x										
สนับสนุนการฝึกอบรม	Plant	BU									
สนับสนุนทรัพยากรในการใช้งานแผนภูมิควบคุม	Plant	BU									
ทบทวนผลการใช้งานแผนภูมิควบคุม	Plant	BU									
รายงานผลการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงาน			x								
จัดทำเอกสารและพัฒนาการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม			x								
จัดตั้งทีมงานระดับปฏิบัติการในการใช้งานแผนภูมิควบคุมในสายการผลิต		x									
ออกแบบและพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม			x								
วางแผนการฝึกอบรม			x								
พัฒนาเนื้อหาและจัดทำสื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม				x							
จัดการฝึกอบรม				x							
ให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในฐานะผู้เชี่ยวชาญ				x							
พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม					x	x					
ดูแลและแก้ปัญหาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม						x	x				
การดำเนินการ											
จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม		x						x			
วิเคราะห์ระบบการวัด								x			
พิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล								x			
บ่งชี้ข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม								x			
เลือกชนิดแผนภูมิควบคุม								x			
กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม								x			
กำหนดแนวปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม								x			
เก็บและป้อนข้อมูลในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ											x
ตีความแผนภูมิควบคุม								x			
ดำเนินการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม								x			
ปรับตั้งและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรในกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุม									x	x	
ศึกษาความสามารถของกระบวนการ								x			
ทบทวนพิกัดควบคุม								x			
ตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม			x								

จากตารางที่ 4.2 เครื่องหมาย x หมายถึงบุคคลหรือทีมงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในหัวข้อนั้นๆ เช่น ผู้จัดการโรงงานมีหน้าที่แต่งตั้งแต่งตั้งคณะกรรมการการสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ส่วน Plant และ BU หมายถึงการมีหน้าที่รับผิดชอบในระดับโรงงานและหน่วยธุรกิจตามลำดับ เช่น ในการกำหนดเป้าหมายในการใช้งานแผนภูมิควบคุม ผู้จัดการโรงงานมีหน้าที่กำหนดเป้าหมายในระดับโรงงาน ส่วนหัวหน้าหน่วยธุรกิจมีหน้าที่กำหนดเป้าหมายภายในหน่วยธุรกิจของตน

4.2.4 จัดทำเอกสาร

ปรับปรุงเอกสารการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษาดังนี้

- หน้าที่ความรับผิดชอบ การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในเอกสารการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษาดังรูปที่ 4.1 นั้นยังไม่ครอบคลุมทั้งในส่วนของขั้นตอนการดำเนินการ เช่น การเลือกพารามิเตอร์ การออกแบบแผนภูมิควบคุม และในส่วนของบุคคลผู้รับผิดชอบ เช่น หัวหน้าสายการผลิต ดังนั้นจึงควรแก้ไขให้หน้าที่ความรับผิดชอบให้เป็นไปตามตารางที่ 4.1



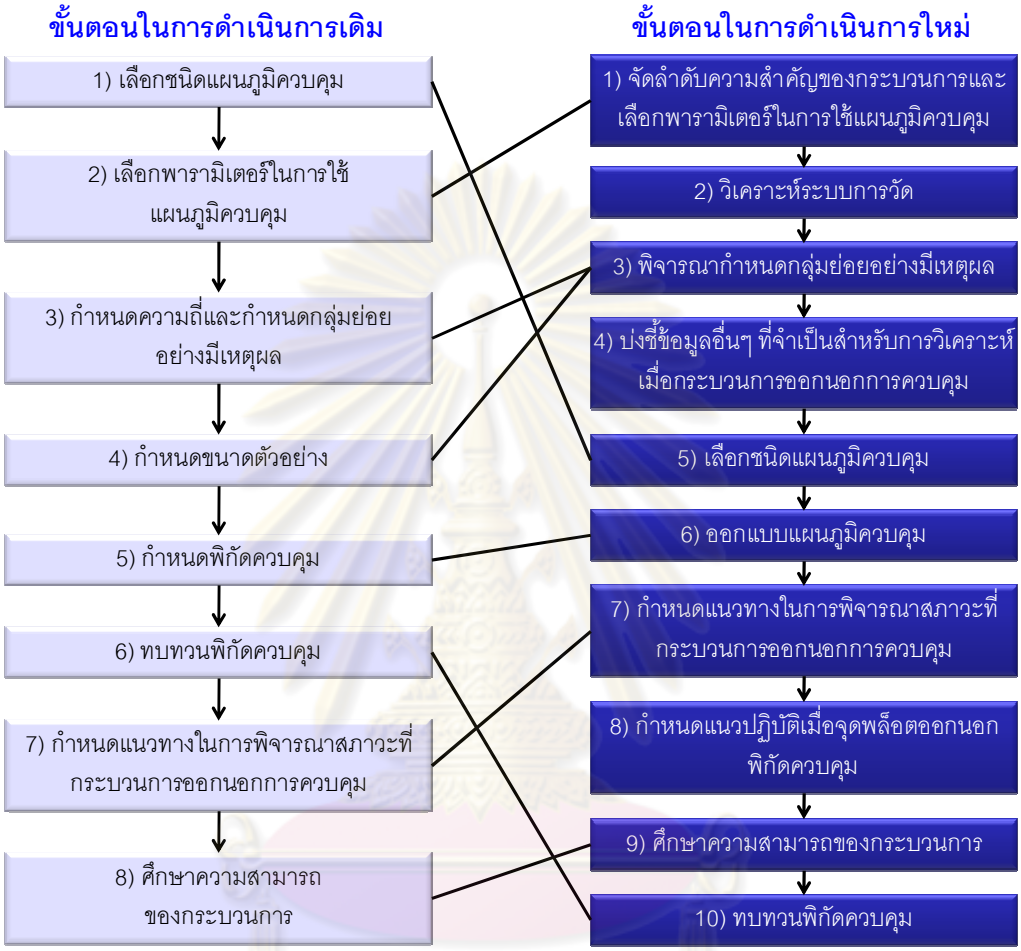
3. RESPONSIBILITY

In-Process Quality Control Operators/Manufacturing Operators (IPQC/Mfg Operators) and/or technicians are responsible for collecting the samples, *measuring* and entering the data into *e-SPC* system.
In-Process Quality Control Supervisors (IPQC Supervisors) are responsible for verify data, issuing QAN (if e-SPC system does not apply) and following up the corrective action.
Quality Engineers (QE) are responsible for *verify result, corrective action evidence, and revise the application of each control chart.*
Process Engineers (PE) are responsible for doing chart interpretation, process analysis and provide the corrective action.
Maintenance Engineers (ME) are responsible for handling equipment maintenance and provide the corrective action that related to tooling/equipment or machine setting.
BU Leaders are responsible to ensure SPC effective implementation and get participate SPC review and process capability analysis.

รูปที่ 4.1 เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษาในส่วนของหน้าที่ความรับผิดชอบ

- ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนในการดำเนินการเดิมซึ่งระบุในเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษา (ดูภาคผนวก ก) กับขั้นตอนในการดำเนินการใหม่ซึ่งระบุในคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล (ดูภาคผนวก ข) โดยเส้นที่เชื่อมบริเวณกึ่งกลางภาพแสดงถึงขั้นตอนที่มีเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน ผลจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนในการดำเนินการเดิมนั้นไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์ระบบการวัด และการกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม นอกจากนี้เอกสารเดิมนั้นก็ยังไม่ได้ให้รายละเอียดหรือวิธีการในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนขั้นตอน

การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้เป็นไปตามคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล



รูปที่ 4.2 เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษาในส่วนของหน้าที่ความรับผิดชอบ

- เพิ่มเติมหัวข้อการสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล และการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเนื่องจาก เอกสารการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานกรณีศึกษานั้นไม่มีหัวข้อในการสนับสนุนและการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

4.2.5 พัฒนาและจัดการฝึกอบรมให้ครอบคลุมและให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม

จัดทำหลักสูตรการฝึกอบรมให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มตามหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

1) หลักสูตรสำหรับผู้บริหารและหัวหน้าหน่วยธุรกิจ มีวัตถุประสงค์ คือ ให้ผู้บริหารเข้าใจและสามารถสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้เกิดประสิทธิผลได้ โดยมีหัวข้อหลักในการฝึกอบรม คือ

- แนะนำแผนภูมิควบคุม
- ทฤษฎีพื้นฐานของแผนภูมิควบคุม
- ประโยชน์จากการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- ผลกระทบจากการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่ไม่เหมาะสม
- ภาพรวมของการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล
- หน้าที่และความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร

2) หลักสูตรสำหรับวิศวกร มีวัตถุประสงค์ คือ ให้วิศวกรสามารถดำเนินการสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุมตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยการฝึกอบรมจะประกอบไปด้วยทฤษฎีและการปฏิบัติ โดยหัวข้อหลักในการฝึกอบรมมีดังนี้

- แนะนำแผนภูมิควบคุม
- ประโยชน์จากการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- ผลกระทบจากการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่ไม่เหมาะสม
- ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล
- วิธีการเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์
- สถิติพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแผนภูมิควบคุม
- ทฤษฎีแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ
- การกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล
- การเลือกแผนภูมิควบคุม
- การคำนวณพิกัดควบคุม
- การตีความแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ
- การกำหนดสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม
- การทบทวนพิกัดควบคุม
- การใช้เครื่องมือในการค้นหาสาเหตุของปัญหา
- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือทางสถิติพื้นฐาน
- การจัดทำ OCAP
- การวิเคราะห์ระบบการวัด
- การศึกษาความสามารถของกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) หลักสูตรสำหรับผู้ตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม มีวัตถุประสงค์คือ พัฒนาบุคลากรภายในองค์กรให้สามารถตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมภายในโรงงานและหน่วยธุรกิจได้ ทั้งนี้ผู้ตรวจประเมินจะต้องผ่านการฝึกอบรมในหลักสูตรสำหรับวิศวกรก่อนที่จะเข้าฝึกอบรมในหลักสูตรนี้ได้ เนื่องจากการตรวจประเมินจำเป็นต้องใช้ความรู้จากหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับวิศวกรเป็นพื้นฐาน หัวข้อหลักในการฝึกอบรมสำหรับผู้ตรวจประเมินมีดังนี้

- ความจำเป็นและประโยชน์จากการตรวจประเมิน
- ขั้นตอนในการตรวจประเมิน
- หัวข้อในการตรวจประเมิน
- ข้อผิดพลาดที่พบบ่อยในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- การเขียนรายงานการตรวจประเมิน
- การรายงานและติดตามผลการตรวจประเมิน

4) หลักสูตรสำหรับหัวหน้าสายการผลิตและช่างเทคนิค มีวัตถุประสงค์เพื่อให้หัวหน้าสายการผลิตและช่างเทคนิค สามารถควบคุมและดูแลการใช้งานแผนภูมิควบคุมในสายการผลิตให้เกิดประสิทธิผล และทำงานร่วมกับวิศวกรและพนักงานในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและจัดทำ OCAP

- แนะนำแผนภูมิควบคุม
- ทฤษฎีพื้นฐานของแผนภูมิควบคุม
- ประโยชน์จากการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- ผลกระทบจากการใช้งานแผนภูมิควบคุมที่ไม่เหมาะสม
- ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล
- การตีความแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ
- การใช้เครื่องมือในการค้นหาสาเหตุของปัญหา
- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือทางสถิติพื้นฐาน
- การจัดทำ OCAP

5) หลักสูตรสำหรับพนักงานสายการผลิตและพนักงานฝ่ายคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้พนักงานสายการผลิตและพนักงานฝ่ายคุณภาพเข้าใจถึงความจำเป็นและประโยชน์ของแผนภูมิควบคุมและสามารถใช้งานแผนภูมิควบคุมได้อย่างมีประสิทธิผล

- แนะนำแผนภูมิควบคุม
- ประโยชน์จากการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- การเก็บข้อมูลเพื่อพล็อตแผนภูมิควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การป้อนข้อมูลในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ
- การตีความแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ
- การวิเคราะห์และดำเนินการแก้ไขปัญหาตาม OCAP

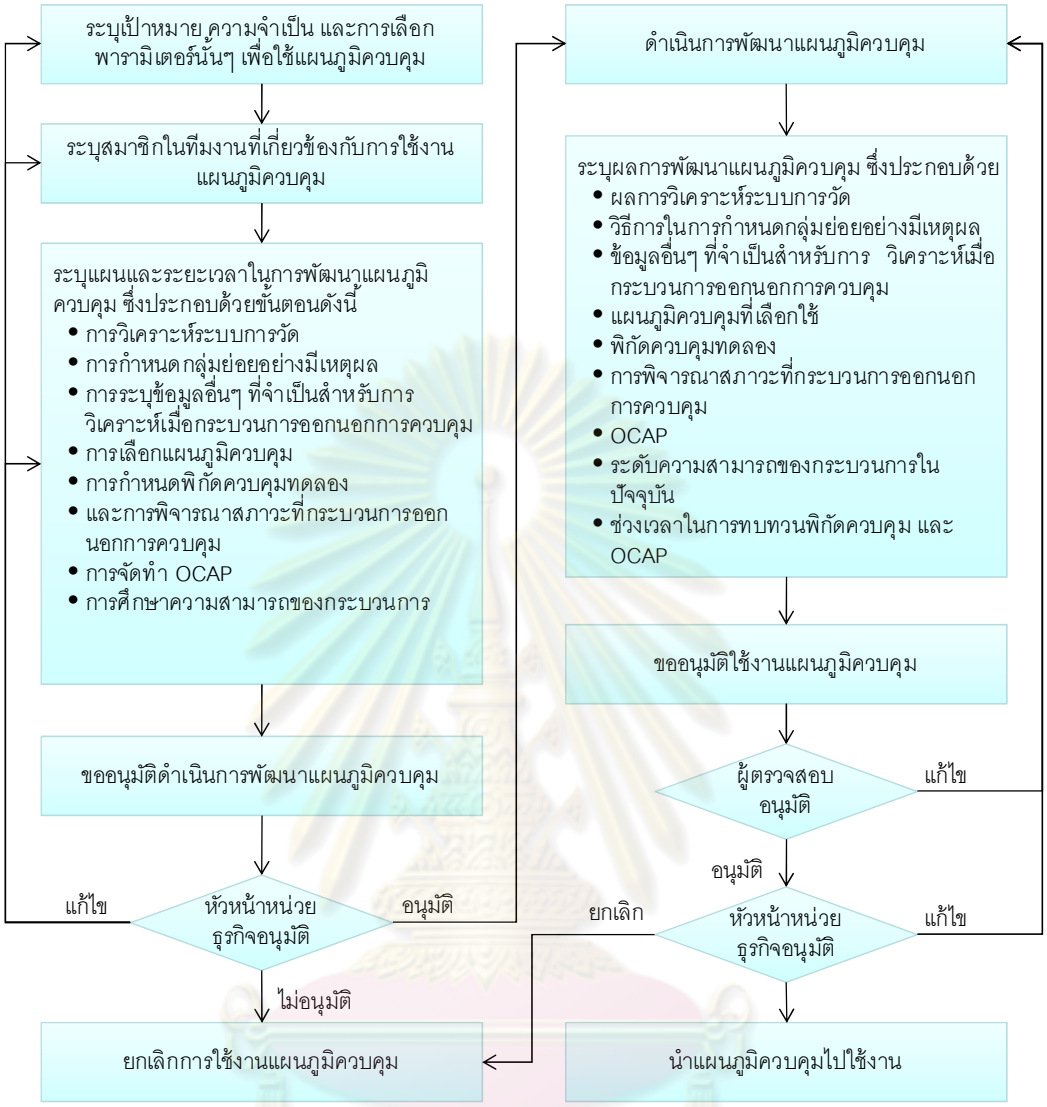
นอกเหนือจากการฝึกอบรมพนักงานภายในโรงงานแล้ว ลูกค้าของโรงงานกรณีศึกษาจะได้รับการเชิญเพื่อเข้าฝึกอบรมในหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับผู้บริหาร หรือหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับวิศวกร เพื่อให้เข้าใจถึงความจำเป็นของการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมและสามารถสนับสนุนการดำเนินการได้

4.2.6 พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

แม้ว่าโรงงานกรณีศึกษาจะมีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT) ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลและพล็อตแผนภูมิควบคุมโดยอัตโนมัติ ตลอดจนระบบแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม อย่างไรก็ตามเพื่อช่วยสนับสนุนให้การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลและครอบคลุมการดำเนินการมากขึ้น และป้องกันความไม่เหมาะสมที่อาจจะเกิดขึ้นได้ จึงควรมีการพัฒนาระบบ IT เพิ่มเติมดังนี้

1) ระบบแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่าง FPP IPP และ PP ที่มีการควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม โดยนำพารามิเตอร์ซึ่งได้ถูกเลือกจากขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิและได้มีการใช้แผนภูมิควบคุมแล้ว มาจัดทำเป็นแผนภาพต้นไม้หรือแผนภาพลำดับชั้น เพื่อให้เห็นภาพรวมของการใช้แผนภูมิควบคุมในหน่วยธุรกิจว่ามีการใช้แผนภูมิควบคุมกับพารามิเตอร์ใดบ้าง ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงความครอบคลุมในการใช้งานแผนภูมิควบคุม ตลอดจนเป็นสารสนเทศเพื่อช่วยในการตัดสินใจเพิ่มหรือลดจำนวนแผนภูมิควบคุม นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการใช้งานการเข้าถึงแผนภูมิควบคุมของแต่ละพารามิเตอร์ยังควรที่จะเข้าถึงผ่านแผนภาพนี้ได้

2) ระบบการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุม เพื่อป้องกันการสร้างแผนภูมิควบคุมโดยไม่จำเป็นและมีตรวจสอบความเหมาะสมของแผนภูมิควบคุมที่ถูกสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้งานและให้การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมีลักษณะเป็นการดำเนินการเป็นโครงการ จึงควรมีการจัดทำระบบ IT สำหรับขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยขั้นตอนในการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

ในการดำเนินการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมตามขั้นตอนดังรูปที่ 4.3 นั้นผู้รับผิดชอบหลักคือวิศวกรที่เป็นผู้ควบคุมกระบวนการนั้นๆ โดยมีทีมงานที่เกี่ยวข้องให้การสนับสนุน โดยหัวหน้าหน่วยธุรกิจเป็นผู้มีอำนาจในการตัดสินใจให้มีการดำเนินการพัฒนาแผนภูมิควบคุม และใช้งานแผนภูมิควบคุม ส่วนผู้ตรวจสอบมีหน้าที่ในการตรวจสอบผลการพัฒนาแผนภูมิควบคุม ว่ามีความถูกต้องเหมาะสมหรือไม่

แนวทางในการดำเนินการตามขั้นตอนดังรูปที่ 4.3 นี้จะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีวงจรชีวิต (Life cycle) หรือมีช่วงเวลาเตรียมผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Time to market) ที่ไม่น้อยกว่า 3 เดือน เนื่องจากต้องใช้เวลาในการดำเนินการหลายขั้นตอนกว่าที่จะนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานได้ และเพื่อให้มีช่วงเวลาใช้งานแผนภูมิควบคุมที่สร้างขึ้นให้เกิดประสิทธิผล อย่างไรก็ตามในกรณีที่

ผลิตภัณฑ์มีวงจรชีวิตสั้นหรือมีช่วงเวลาเตรียมผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดที่สั้นและจำเป็นต้องสร้างแผนภูมิควบคุม การดำเนินตามขั้นตอนการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในทุกขั้นตอน อาจจะไม่สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมได้ทันการณ์ ในกรณีที่จำเป็นต้องสร้างแผนภูมิด้วยระยะเวลาจำกัดเช่นนี้วิศวกรสามารถที่จะขออนุมัติการพัฒนาแผนภูมิควบคุมจากหัวหน้าหน่วยธุรกิจ และดำเนินการเก็บข้อมูลหรือใช้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกันเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมได้ทันที โดยที่ไม่ต้องจัดทำแผนการพัฒนาแผนภูมิควบคุม โดยแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในกรณีนี้คือ แผนภูมิควบคุมสำหรับการผลิตระยะสั้น ทั้งนี้ในระหว่างที่สร้างแผนภูมิก็ให้ดำเนินการจัดทำ OCAP ในระดับเบื้องต้นควบคู่กันไปโดยอาศัยแนวทางจาก OCAP ของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกัน และเมื่อมีกำหนดพิกัดควบคุมและ OCAP เรียบร้อยแล้วก็ให้ดำเนินการขออนุมัติเพื่อนำแผนภูมิควบคุมและ OCAP ไปใช้งานได้ทันที

3) ระบบเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูลที่ใช้พล็อตแผนภูมิควบคุม เพื่อให้มีข้อมูลที่จำเป็นและสามารถดึงข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วในกรณีกระบวนการออกนอกการควบคุม

4) ระบบบันทึกและค้นหาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (Process log) โดยให้พนักงานที่ปฏิบัติการในสายการผลิต เช่น พนักงานฝ่ายผลิต ช่างเทคนิคฝ่ายซ่อมบำรุง ฯลฯ สามารถบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การปรับพารามิเตอร์ของเครื่องจักร การเปลี่ยนล็อตวัตถุดิบ ไฟฟ้าดับ พนักงานใหม่เริ่มทำงาน ฯลฯ และสามารถค้นหาเหตุการที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ระบุได้เพื่อให้การค้นหาสาเหตุพิเศษเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

5) ระบบแสดงแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม ในกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุมนอกจากระบบจะแจ้งเตือนแล้ว ระบบจะแสดงแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมและผู้รับผิดชอบในการดำเนินการตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ทีมงานในระดับปฏิบัติการทราบและดำเนินการตามขั้นตอนตลอดจนบันทึกผลจากการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนลงในระบบ นอกจากนี้ความถี่ของตัวกระตุ้น จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้จะถูกจัดทำเป็นแผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) เพื่อเป็นสารสนเทศสำหรับการทบทวน OCAP ต่อไป

6) ระบบรายงานความสามารถของกระบวนการ โดยนำข้อมูลที่ใช้ในการพล็อตแผนภูมิควบคุมมาคำนวณและรายงานค่าความสามารถของกระบวนการตลอดจนความผันแปรภายในและระหว่างกลุ่มย่อยเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

7) ระบบการทบทวนพิกัดควบคุม เมื่อจำเป็นต้องทบทวนพิกัดควบคุมจากการที่กระบวนการมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ระบบจะช่วยคำนวณพิกัดควบคุมโดยสามารถเลือกช่วงเวลาและข้อมูลที่จะนำมาคำนวณพิกัดควบคุมได้ และเก็บบันทึกเหตุผลในการเปลี่ยนแปลง

ตลอดจนดำเนินการขออนุมัติการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ นอกจากนี้ในกรณีที่ถึงระยะเวลาเวลาที่ได้กำหนดไว้ให้มีการทบทวนพิกัดควบคุม ระบบจะแจ้งเตือนเป็นรายวันไปยังวิศวกรผู้รับผิดชอบให้ดำเนินการทบทวนพิกัดควบคุม หากวิศวกรผู้รับผิดชอบไม่ได้ดำเนินการให้เสร็จสิ้นภายใน 3 วัน ระบบจะแจ้งไปยังหัวหน้าของวิศวกรนั้นๆ และหากเกินกว่า 1 สัปดาห์ระบบจะแจ้งเตือนไปยังหัวหน้าหน่วยธุรกิจเพื่อแจ้งให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

8) ระบบแจ้งเตือนให้มีการยกเลิกแผนภูมิควบคุม เมื่อไม่มีความจำเป็นที่จะใช้แผนภูมิควบคุมนั้นๆ อีกต่อไป วิศวกรผู้รับผิดชอบสามารถที่จะยกเลิกแผนภูมิควบคุมนั้นๆ ได้ผ่านระบบการขออนุมัติเพื่อเลิกใช้งานแผนภูมิควบคุม เมื่อได้รับการอนุมัติแผนภูมิจะถูกนำออกจากระบบโดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามแม้ว่าแผนภูมิจะถูกนำออกจากระบบแต่ข้อมูลของแผนภูมินั้นๆ จะยังคงอยู่ในฐานข้อมูลตามระยะเวลาในการเก็บข้อมูลของโรงงาน ในกรณีที่แผนภูมิควบคุมไม่ถูกใช้มาเป็นระยะเวลานานเกินกว่า 6 เดือน ระบบจะแจ้งไปยังวิศวกรผู้รับผิดชอบเป็นรายวันเพื่อจะให้มีการยืนยันและขออนุมัติให้แผนภูมินั้นอยู่ในระบบต่อไปหรือจะดำเนินการยกเลิก หากวิศวกรผู้รับผิดชอบไม่ได้ทำการยืนยันภายในระยะเวลา 1 เดือน แผนภูมิควบคุมนั้นๆ จะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ

9) คอมพิวเตอร์สำหรับสนับสนุนการใช้งานแผนภูมิควบคุมในสายการผลิต ปัจจุบันในโรงงานกรณีศึกษาการใช้ระบบสนับสนุนการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับการใช้งานอื่นๆ ในสายการผลิต ลักษณะเช่นนี้ทำให้การดูแผนภูมิควบคุมและการใช้งานระบบสนับสนุนการใช้งานแผนภูมิควบคุมมีลักษณะเป็นครั้งๆ ไม่ต่อเนื่อง คือจะเข้าสู่ระบบเหล่านี้เมื่อมีการแจ้งเตือนผ่าน e-mail ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุมเท่านั้น อย่างไรก็ตามระบบสนับสนุนการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมีทำงานได้อย่างประสิทธิผลก็ต่อเมื่อ ทีมงานในสายการผลิตเห็นสภาวะของแผนภูมิควบคุมและสามารถใช้งานระบบเหล่านี้ได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงควรจัดให้มีคอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานระบบเหล่านี้โดยเฉพาะในสายการผลิตในบริเวณที่มีการควบคุมกระบวนการด้วยแผนภูมิควบคุม

4.2.7 วางแผนและดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

การวางแผนและดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมควรทำไปทีละหน่วยธุรกิจ เพื่อให้มีทรัพยากรที่เพียงพอที่จะสนับสนุนการเปลี่ยนแปลง และเกิดการมุ่งเน้น (Focus) ตลอดจนลดแรงต้านจากการเปลี่ยนแปลง โดยแผนงานประกอบไปด้วยกิจกรรมหลักในการดำเนินการเปลี่ยนแปลงแบ่งเป็น 5 ส่วนดังนี้

1) จัดตั้งทีมงาน กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบและจัดทำเอกสาร

- จัดตั้งทีมงานในระดับคณะกรรมการเพื่อรับผิดชอบการดำเนินการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมทั้งหมด

- คณะกรรมการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้บริหารและพนักงานทุกกลุ่ม และจัดทำเอกสารการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

2) จัดการฝึกอบรม

- ออกแบบหลักสูตรและพัฒนาเนื้อหาและสื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม

- ดำเนินการฝึกอบรมโดยเริ่มจากผู้บริหารระดับแล้วจึงขยายการฝึกอบรมไปตามลำดับชั้นขององค์กรจนถึงพนักงานในระดับปฏิบัติการ

3) พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมขึ้นใหม่ขึ้นควบคู่ไปกับการคงอยู่ของระบบเดิม

4) ดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล

- ยกเลิกแผนภูมิที่ไม่ใช้งานแล้วออกจากระบบเดิม

- ย้ายพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้แผนภูมิควบคุมไปสู่ระบบใหม่ โดยจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม และดำเนินการตามขั้นตอนและวิธีการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม 10 ขั้นตอนตามที่ได้กำหนดไว้ในคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในภาคผนวก ข โดยใช้ระบบการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุม ดังรูปที่ 4.3 เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยให้การดำเนินการเป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนด และใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิผล

5) ทบทวนผลลัพธ์จากการเปลี่ยนแปลง

- คณะกรรมการรายงานผลลัพธ์และสถานะการเปลี่ยนแปลงการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นรายสัปดาห์ และทบทวนผลลัพธ์และสถานะร่วมกับฝ่ายบริหารอย่างน้อยทุก 2 สัปดาห์

4.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษามีดังนี้

1) เปลี่ยนแปลงการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นที่ประสิทธิผลที่จะได้รับจากการใช้งานแผนภูมิควบคุม นอกเหนือจากการมีแผนภูมิควบคุมเพื่อตอบสนองต่อข้อกำหนดของระบบคุณภาพหรือความต้องการของลูกค้า

2) การใช้ทรัพยากรในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมีความรัดกุมมากขึ้น จากการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

3) ป้องกันและลดความไม่เหมาะสมในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และลดจำนวนและสัดส่วนแผนภูมิควบคุมที่มีความบกพร่อง ในโรงงานกรณีศึกษาดังนี้

ข้อบกพร่องในส่วนของการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่ได้ระบุสาเหตุ ซึ่งมีสัดส่วน 34.5% จะได้รับการป้องกันจากการกำหนดให้ต้องมีการระบุเหตุผลในการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุม ตลอดจนดำเนินการขออนุมัติการเปลี่ยนแปลงผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการทบทวนพิกัดควบคุม

ข้อบกพร่องในส่วนของแผนภูมิเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ ซึ่งมีสัดส่วน 26.8% จะได้รับการป้องกัน โดยระบบเทคโนโลยีสารสนเทศจะแจ้งเตือนให้ทำการยกเลิกหรือดำเนินการยกเลิกแผนภูมิที่ไม่ได้มีการใช้งานโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้หากต้องการให้แผนภูมินั้นอยู่ในระบบต่อไปจะต้องชี้แจงเหตุผลและขออนุมัติจากหัวหน้าหน่วยธุรกิจ

ข้อบกพร่องในส่วนของกระบวนการออกนอกการควบคุมแต่ไม่ได้รับการแก้ไข ซึ่งมีสัดส่วน 20.8% จะลดลงเนื่องจากแผนภูมิจะถูกสร้างโดยมีการทบทวนและควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศดังรูปที่ 4.3 โดย

- มีการบังคับให้สร้างแผนภูมิควบคุมเท่าที่จำเป็นและจัดสรรทรัพยากรที่ต้องใช้ในการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

- บังคับให้มีการจัดตั้งทีมงานระดับปฏิบัติการและการจัดทำ OCAP โดยมีการระบุหน้าที่ความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคนไว้ใน OCAP อย่างชัดเจน นอกจากนี้ระบบแสดงแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม จะแสดงแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมและผู้รับผิดชอบในการดำเนินการตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ทีมงานในระดับปฏิบัติการทราบและดำเนินการตามขั้นตอนตลอดจนบันทึกผลจากการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนลงในระบบ

- จัดให้มีคอมพิวเตอร์สำหรับสนับสนุนการใช้งานแผนภูมิควบคุมในสายการผลิต เพื่อให้ทีมงานในสายการผลิตเห็นสภาวะของแผนภูมิควบคุมอย่างต่อเนื่อง และสามารถใช้งานระบบสนับสนุนอื่นๆ ในการดำเนินการแก้ไขปัญหาตาม OCAP ได้อย่างทันท่วงที

ข้อบกพร่องในส่วนของจุดบนแผนภูมิควบคุมอยู่ด้านบนหรือล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด กำหนดเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมไม่ครบถ้วน จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด จุดบนแผนภูมิควบคุม R, S หรือ MR อยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด ใช้พิกัดข้อกำหนดเฉพาะเป็นพิกัดควบคุมในแผนภูมิค่าเฉลี่ย ซึ่งข้อบกพร่องเหล่านี้มีส่วนมาจากการพัฒนาแผนภูมิควบคุมโดยคิดเป็น 18% ของข้อบกพร่องทั้งหมดจะได้รับการป้องกันโดย

- การให้ความรู้กับวิศวกร ทีมงาน ตลอดจนหัวหน้าหน่วยธุรกิจอย่างเหมาะสมผ่านการฝึกอบรม

- การบังคับให้มีการจัดทำแผนการพัฒนาแผนภูมิควบคุมก่อนการขออนุมัติดำเนินการพัฒนาแผนภูมิควบคุม และทบทวนผลการพัฒนาแผนภูมิควบคุมและอนุมัติใช้งานแผนภูมิ

ควบคุมโดยผู้ตรวจสอบและหัวหน้าหน่วยธุรกิจ เพื่อให้มั่นใจว่าแผนภูมิควบคุมที่จะนำไปใช้งานได้ถูกพัฒนาอย่างเหมาะสมและไม่มีข้อบกพร่องเหล่านี้อยู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมแนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนภูมิควบคุม มาพัฒนาเป็นแนวทางการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผล และจัดทำเป็นคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนซึ่งครอบคลุมทั้ง ขั้นตอน การสนับสนุน และการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ทำให้การใช้งานแผนภูมิควบคุมมีลักษณะการดำเนินการเป็นวงจร เพื่อให้มีการปรับปรุงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้มีประสิทธิผลดียิ่งขึ้น

ในส่วนของขั้นตอนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน งานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอน 10 ขั้นตอน ซึ่งครอบคลุมขั้นตอนที่เอกสารและงานวิจัยต่างๆ ได้ระบุไว้ นอกจากนี้ในส่วนของแนวทางในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน งานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอแนวทางอื่นๆ นอกเหนือไปจากแนวทางที่ได้ระบุไว้ในเอกสารและงานวิจัยต่างๆ คือ แนวทางในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับพัฒนาการในการควบคุมกระบวนการจากพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) ไปสู่พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต (PP) และแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมซึ่งครอบคลุมทั้งการผลิตในระยะสั้นและระยะยาวตลอดจนกระบวนการที่มีหลายสายกระบวนการ โดยมีการนำข้อพิจารณาในการเลือกแผนภูมิควบคุมต่างๆ ตลอดจนความสามารถในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลมาพิจารณาด้วย เพื่อให้มีชนิดของแผนภูมิควบคุมที่ครอบคลุมกับการใช้งานจริง และสามารถเลือกแผนภูมิที่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการได้

ในส่วนของการสนับสนุน งานวิจัยนี้ได้รวบรวมหัวข้อการสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร การจัดตั้งทีมงาน การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ การจัดทำเอกสาร การฝึกอบรม นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเพื่อให้การสนับสนุนการใช้งานแผนภูมิควบคุมมีความครอบคลุมมากขึ้น

สำหรับการตรวจประเมิน งานวิจัยนี้ได้จัดทำรายการตรวจสอบ (Checklist) สำหรับใช้การตรวจประเมินขึ้น โดยครอบคลุมการสนับสนุน ขั้นตอนการดำเนินการ และผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เพื่อหาจุดบกพร่องในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และชี้ให้เห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงในหัวข้อต่างๆ

คู่มือแนวทางที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ ได้ถูกนำมาตรวจประเมิน เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานกรณีศึกษา 1 โรงงาน โดยผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม คือ การใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมุ่งเน้นที่ประสิทธิผลที่จะได้รับจากการใช้งานแผนภูมิควบคุม คือ การลดความผันแปรของกระบวนการผลิต การใช้ทรัพยากรในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมจะมีความรัดกุมมากขึ้น และความไม่เหมาะสมในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมและความบกพร่องของแผนภูมิควบคุมในโรงงานกรณีศึกษาจะมีจำนวนและสัดส่วนที่ลดลงจากการปรับปรุงในด้านต่างๆ ตามที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ 4.3 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่สามารถทำการวัดผลได้ว่าแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องจะมีสัดส่วนที่ลดลงเป็นเท่าใด เนื่องจากแนวทางที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ไม่ได้รับการอนุมัติจากฝ่ายบริหารให้นำไปใช้ในการปฏิบัติจริง

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ให้มีการนำเสนอตัวอย่าง และเปรียบเทียบประสิทธิผลก่อนและหลังจากที่ได้นำคู่มือแนวทางซึ่งได้พัฒนาขึ้นไปใช้งานกับโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา 1 โรงงาน โดยใช้กับผลิตภัณฑ์หลักคือ ตัวส่งสัญญาณทางแสง ซึ่งผู้วิจัยก็ได้นำแนวทางที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อฝ่ายบริหาร และได้นำการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมไปทดลองใช้งาน อย่างไรก็ตามแนวทางที่พัฒนานี้นั้นไม่ได้รับการอนุมัติจากฝ่ายบริหารให้นำไปปฏิบัติ โดยเหตุผลของฝ่ายบริหารมีดังนี้

- การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในปัจจุบันสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดของระบบคุณภาพได้ดีในระดับหนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้เป็นไปตามคู่มือที่พัฒนาขึ้นเสียทั้งหมด แต่ควรเปลี่ยนแปลงวิธีการดำเนินการบางส่วนเพื่อให้สัดส่วนของแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องลดลง
- การนำแนวทางในคู่มือทั้งหมดไปปฏิบัติจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงในหลายด้าน เช่น การจัดการฝึกอบรม การจัดตั้งคณะกรรมการและทีมงาน การจัดทำเอกสาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในบางด้านจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมแต่ประโยชน์ที่จะได้รับในเชิงของการลดต้นทุนกลับไม่มีความชัดเจน โดยด้านที่ฝ่ายบริหารมีความกังวลเป็นพิเศษคือ การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการใช้งานแผนภูมิควบคุมซึ่งต้องใช้เวลาในการพัฒนาเป็นเวลานานและจะต้องมีการลงทุนซื้ออุปกรณ์ IT เพิ่มเติม จากการที่ต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้น
- ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของลูกค้าในแต่ละไตรมาศอาจจะลดลง เนื่องจากไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ต้องการให้มีแผนภูมิควบคุมได้อย่าง

ทันท่วงที เพราะมีขั้นตอนในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเพิ่มขึ้นจากเดิมมากทำให้การสร้างแผนภูมิควบคุมขาดความคล่องตัวและต้องใช้เวลามากขึ้น

- จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรและบุคลากรในการสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันทรัพยากรและบุคลากรเหล่านี้ได้ก็ได้ถูกใช้ไปในส่วนงานอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อบริษัทเช่นกัน ดังนั้นหากนำแนวทางในคู่มือทั้งหมดไปปฏิบัติก็จะทำให้งานในส่วนอื่นๆ ได้รับผลกระทบ เช่น โครงการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศบางโครงการจะต้องเลื่อนออกไป หรือต้องมีการจ้างบุคลากรเพิ่มเติมเพื่อให้แผนงานเป็นไปตามกำหนดการเดิม

นอกจากเหตุผลของฝ่ายบริหารแล้ว วิศวกรซึ่งได้นำการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมไปทดลองใช้ ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า แม้ว่าการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมจะเป็นสิ่งที่ดี แต่วิธีการในการดำเนินการมีรายละเอียดมาก และต้องมีการเก็บข้อมูลหรือทำการศึกษากระบวนการเพื่อให้ได้ข้อมูลมา ซึ่งในปัจจุบันข้อมูลเหล่านี้มีอยู่น้อยมาก และถ้าพิจารณาจากภาระงานที่มีอยู่ในปัจจุบันด้วยแล้วคงทำได้ลำบากเนื่องจากไม่มีเวลาพอ หรือหากทำได้ก็อาจจะไม่ทันตามกำหนดเวลาที่ลูกค้าต้องการ ทั้งนี้การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์นี้เป็นเพียงขั้นตอนแรกจากขั้นตอนในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผลทั้งหมด 10 ขั้นตอนเท่านั้น ดังนั้นการจะให้ดำเนินการทั้งหมด 10 ขั้นตอนคงจะเป็นไปไม่ได้ด้วยสภาวะปัจจุบัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การปรับปรุงเพื่อให้สามารถนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติได้

การที่คู่มือแนวทางไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริหาร และผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำไปปฏิบัติแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงแผนงานและวิธีการ เพื่อให้สามารถนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติได้ โดยเลือกแนวทางที่พัฒนาขึ้นเพียงบางส่วนมาปฏิบัติในระยะเริ่มต้นให้เห็นผลลัพธ์แล้วจึงเพิ่มแนวทางในระยะถัดไป โดยแบ่งแผนงานออกเป็น 3 ระยะ (Phase) คือ ระยะที่ 1 มุ่งเน้นที่การลดแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องอย่างรวดเร็ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องของแผนภูมิควบคุมอย่างรวดเร็ว โดยใช้แนวทางในคู่มือและทรัพยากรเพียงส่วนน้อยเพื่อจูงใจให้มีการใช้คู่มือแนวทางที่ได้พัฒนาขึ้นในส่วนอื่นต่อไป ระยะที่ 2 มุ่งเน้นที่การสร้างแผนภูมิควบคุมที่ถูกต้อง เพื่อลดข้อบกพร่องจากการสร้างแผนภูมิควบคุมและทำให้แผนภูมิควบคุมมีประสิทธิภาพในการแยกสาเหตุพิเศษจากสาเหตุธรรมดา และระยะที่ 3 มุ่งเน้นที่ประสิทธิผลจากการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยนำแนวทางในคู่มือทั้งหมดมาดำเนินการเพื่อให้บรรลุประสิทธิผลของการใช้งานแผนภูมิควบคุม คือ การลดความผันแปรของกระบวนการผลิต

ทั้งนี้การตัดสินใจว่าจะดำเนินการถึงระยะใดนั้นขึ้นอยู่กับการอนุมัติจากฝ่ายบริหาร โดยรายละเอียดของการดำเนินการในแต่ละระยะมีดังนี้

ระยะที่ 1 มุ่งเน้นที่การลดแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องอย่างรวดเร็ว

จากข้อจำกัดของงานวิจัย ฝ่ายบริหารยังคงต้องการที่จะลดสัดส่วนของแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องลง ดังนั้นหากสามารถเลือกแนวทางเพียงบางส่วนในคู่มือมาใช้ โดยที่หลีกเลี่ยงแนวทางที่ฝ่ายบริหารมีความกังวล และสามารถลดสัดส่วนข้อบกพร่องของแผนภูมิได้อย่างรวดเร็วภายใน 1 ไตรมาสก็จะทำให้คู่มือที่พัฒนาขึ้นได้เริ่มนำไปใช้งาน นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างแรงจูงใจให้มีการใช้คู่มือแนวทางที่ได้พัฒนาขึ้นในส่วนอื่นต่อไป โดยแนวทางที่ถูกเลือกมาดำเนินการในระยะที่ 1 ในส่วนของขั้นตอนการดำเนินการคือ การทบทวนพิกัดควบคุม และในส่วนของการสนับสนุนคือ การฝึกอบรม ระบบการยกเลิกแผนภูมิควบคุม และระบบการทบทวนพิกัดควบคุม โดยแผนงานในการดำเนินการในระยะที่ 1 แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แผนงานระยะที่ 1 ในนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติ

#	การดำเนินการ	สัปดาห์ที่												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
การลดข้อบกพร่องแผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ														
1	วิศวกรแผนก IT พัฒนาระบบการยกเลิกแผนภูมิควบคุม													
2	วิศวกรในหน่วยธุรกิจจัดทำรายชื่อแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้มีการใช้งานแล้ว													
3	วิศวกรในหน่วยธุรกิจส่งรายชื่อแผนภูมิควบคุมที่จะยกเลิกให้หัวหน้าหน่วยธุรกิจและลูกค้าอนุมัติ													
4	วิศวกรในหน่วยธุรกิจส่งรายชื่อแผนภูมิควบคุมที่ได้รับการอนุมัติให้ยกเลิกให้กับแผนก IT													
5	วิศวกรแผนก IT ทำการยกเลิกแผนภูมิควบคุม													
6	ระบบการยกเลิกแผนภูมิควบคุมเริ่มใช้งาน													
การลดข้อบกพร่องมีการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่ระบุสาเหตุ														
7	วิศวกรแผนก IT พัฒนาระบบแจ้งเตือนให้มีการทบทวนพิกัดควบคุม													
8	วิศวกรแผนกการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องพัฒนาระบบการขออนุมัติเพื่อเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุม													
9	วิศวกรในหน่วยธุรกิจรวบรวมข้อมูลและทบทวนพิกัดควบคุม													
10	วิศวกรในหน่วยธุรกิจยกเลิกการแก้ไขพิกัดควบคุมโดยอัตโนมัติ และขออนุมัติการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมผ่านระบบ													
11	เริ่มใช้ระบบแจ้งเตือนให้มีการทบทวนพิกัดควบคุม													

แผนงานดังตารางที่ 5.1 นี้มุ่งเน้นที่การลดข้อบกพร่องในส่วนของแผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบและการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่ระบุสาเหตุ ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่มีจำนวนมากที่สุด 2 อันดับแรก และมีสัดส่วนเป็น 61.3% ของข้อบกพร่องทั้งหมดตามแผนภูมิพาเรโตดังรูปที่ 1.9

แผนงานในระยะที่ 1 ในส่วนของการลดข้อบกพร่องแผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบ จะเป็นการดำเนินการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้ใช้งานซึ่งรับผิดชอบโดยวิศวกรในหน่วยธุรกิจ (ตารางที่ 5.1 ข้อ 2-5) ซึ่งเป็นการดำเนินการเพื่อลดข้อบกพร่องที่มีอยู่ในปัจจุบันควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบการยกเลิกแผนภูมิควบคุมโดยวิศวกรแผนก IT (ตารางที่ 5.1 ข้อที่ 1 และ 6) ซึ่งเป็นการป้องกันข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ในส่วนการลดข้อบกพร่องการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่ระบุสาเหตุ จะเป็นการพัฒนาระบบการขออนุมัติเพื่อเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยวิศวกรแผนกการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 5.1 ข้อที่ 8) จากนั้นวิศวกรในหน่วยธุรกิจจะดำเนินการทบทวน เปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมและยกเลิกการคำนวณและเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ (ตารางที่ 5.1 ข้อที่ 9 และ 10) เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบแจ้งเตือนให้มีการทบทวนพิกัดควบคุมโดยวิศวกรแผนก IT ควบคู่กับไปเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

การดำเนินการในระยะที่ 1 นี้มีโอกาสสูงที่จะได้รับการยอมรับจากผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องให้นำไปปฏิบัติ เนื่องจาก

1) สามารถลดและป้องกันสัดส่วนของแผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ภายในระยะเวลา 1 ไตรมาส โดยคาดว่าจะสามารถลดข้อบกพร่องในส่วนของการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุมโดยไม่ระบุสาเหตุ และแผนภูมิควบคุมเลิกใช้งานแต่ไม่ได้นำออกจากระบบได้เกือบทั้งหมด เนื่องจากเป็นข้อผิดพลาดที่ไม่ได้มีความซับซ้อนและสามารถใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการป้องกันความผิดพลาดได้

2) ไม่มีการซื้ออุปกรณ์ IT เพิ่มเติม เพราะระบบที่ต้องพัฒนาขึ้นเป็นการพัฒนาทางด้านซอฟท์แวร์จากพื้นฐานของระบบเดิมที่มีอยู่และข้อมูลที่ต้องเก็บในระบบเพิ่มเติมมีเพียง ระยะเวลาที่ต้องดำเนินการทบทวนพิกัดควบคุม ระยะเวลาที่แผนภูมิควบคุมไม่มีการใช้งาน เอกสารการขออนุมัติเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุม และเอกสารการขออนุมัติการยกเลิกแผนภูมิควบคุม ทั้งนี้อุปกรณ์ IT ที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถรองรับการเก็บข้อมูลเหล่านี้ได้

3) การปฏิบัติตามแนวทางในระยะที่ 1 นี้ สามารถทำได้โดยนำมาปฏิบัติได้โดยใช้ทรัพยากรและบุคลากรที่มีอยู่ในปัจจุบันเพียงเล็กน้อย เนื่องจาก

- ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ส่วนใหญ่มีพร้อมอยู่แล้ว เช่น รายชื่อเบื้องต้นของแผนภูมิควบคุมที่เลิกใช้งานจากการตรวจสอบข้อบกพร่องในบทที่ 1 ข้อมูลสำหรับการทบทวนพิกัดควบคุมจากข้อมูลย้อนหลังที่ใช้พล็อตแผนภูมิควบคุมในระบบ
- โรงงานกรณีศึกษามีระบบที่รองรับการพัฒนาการอนุมัติเอกสารแบบออนไลน์อยู่แล้ว ทำให้การสร้างระบบการขออนุมัติการทบทวนพิกัดควบคุม และระบบการขออนุมัติการยกเลิกแผนภูมิควบคุม สามารถทำได้โดยสะดวก
- สำหรับระบบการแจ้งเตือนให้มีการทบทวนพิกัดควบคุม หรือยกเลิกแผนภูมิควบคุม สามารถทำได้โดยง่ายเพราะการแจ้งเตือนผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์มีใช้อยู่ในระบบต่างๆ ทั่วไปอยู่แล้ว

4) ยังคงสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในการมีแผนภูมิได้เช่นเดิม เพราะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของขั้นตอนการดำเนินการสร้างแผนภูมิควบคุม

5) ไม่ต้องมีจัดการฝึกอบรมใหม่ เพราะหลักสูตรการฝึกอบรมที่วิศวกรได้รับในปัจจุบันมุ่งเน้นที่ทฤษฎีและการคำนวณพิกัดควบคุมซึ่งเพียงพอที่จะสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาในระยะที่ 1 นี้ได้ แต่จะต้องมีการประชุมเพื่อทำความเข้าใจถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหา และมีผู้เชี่ยวชาญจากแผนกการฝึกอบรมและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องคอยให้คำปรึกษา

ระยะที่ 2 มุ่งเน้นที่การสร้างแผนภูมิควบคุมที่ถูกต้อง

จากข้อบกพร่องของแผนภูมิควบคุมในตารางที่ 1.1 และแผนภูมิพาเรโตในรูปที่ 1.9 เมื่อพิจารณาข้อบกพร่องลำดับที่ 4-8 คือ จุดบนแผนภูมิควบคุมอยู่ด้านบนหรือล่างของเส้นกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งเกือบทั้งหมด กำหนดเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมไม่ครบถ้วน จุดบนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกือบทั้งหมด จุดบนแผนภูมิควบคุม R, S หรือ MR อยู่ใกล้กับพิกัดควบคุมล่างเกือบทั้งหมด แล้วจะพบว่าข้อบกพร่องเหล่านี้เป็นข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนภูมิควบคุม โดยคิดเป็น 18% ของข้อผิดพลาดทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความบกพร่องของแผนภูมิในโรงงานกรณีศึกษาเกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มสร้างแผนภูมิควบคุม ดังนั้นแม้ว่าข้อบกพร่องในส่วนของจุดบนแผนภูมิควบคุมออกนอกพิกัดควบคุมแต่ไม่มีการค้นหาสาเหตุหรือแก้ไข จะมีสัดส่วนมากเป็นลำดับที่ 3 คือ 20.8% แต่หากการออกแบบแผนภูมิควบคุมยังมีข้อบกพร่องก็อาจจะทำให้มีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดมากกว่าปกติโดยไม่สามารถหาสาเหตุได้ ดังนั้นการดำเนินการในระยะที่ 2 จึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นที่การสร้างแผนภูมิควบคุมที่ถูกต้อง โดยแนวทางที่ถูกเลือกเพิ่มเติมเพื่อดำเนินการในระยะที่ 2 ในส่วนของขั้นตอนการดำเนินการคือ การวิเคราะห์ระบบการวัด การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม การออกแบบแผนภูมิควบคุม กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่

กระบวนการออกนอกการควบคุม และในส่วนของการสนับสนุนคือ การฝึกอบรม ระบบการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยแผนงานในการดำเนินการในระยะที่ 2 แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แผนงานระยะที่ 2 ในนำคู่มือแนวทางไปใช้ในทางปฏิบัติ

#	การดำเนินการ	เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	วิศวกรแผนก IT แยกระบบการคำนวณและพล็อตแผนภูมิควบคุมจากระบบเดิมและเพิ่มชนิดแผนภูมิตามคู่มือแนวทาง												
2	วิศวกรแผนกการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องพัฒนาระบบการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุม												
3	วิศวกรแผนกการฝึกอบรมออกแบบหลักสูตรการฝึกอบรม												
3	วิศวกรแผนกการฝึกอบรมจัดการฝึกอบรม												
4	วิศวกรในหน่วยธุรกิจย้ายแผนภูมิควบคุมจากระบบเดิมไปสู่ระบบใหม่ โดยผ่านระบบการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุม												

การดำเนินการตามแผนงานในระยะที่ 2 นี้มุ่งเน้นที่การให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องกับวิศวกรในการสร้างแผนภูมิควบคุมผ่านการฝึกอบรม โดยหลักสูตรการฝึกอบรมจะต้องครอบคลุมในส่วนของ สถิติพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแผนภูมิควบคุม การวิเคราะห์ระบบการวัด ทฤษฎีแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ การกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล การเลือกแผนภูมิควบคุม การคำนวณพิกัดควบคุม การตีความแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ การกำหนดสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม และการทบทวนพิกัดควบคุม เพื่อให้วิศวกรสามารถสร้างแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมได้ และใช้ระบบการขออนุมัติใช้งานแผนภูมิควบคุมเพื่อให้แผนภูมิควบคุมที่ถูกสร้างขึ้นโดยวิศวกรได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้งาน

ในด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบการคำนวณและพล็อตแผนภูมิควบคุมที่มีอยู่นั้นสามารถสร้างแผนภูมิควบคุมได้โดยที่ไม่ต้องมีการตรวจสอบ และแผนภูมิที่มีให้เลือกใช้มีเพียง 3 แผนภูมิเท่านั้น ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระบบเดิม จึงจำเป็นต้องแยกระบบการคำนวณพล็อตแผนภูมิควบคุมใหม่ออกจากระบบเดิม โดยใช้พื้นฐานจากระบบเก่าและเพิ่มเติมแผนภูมิชนิดอื่นๆ ตามคู่มือเพื่อให้มีชนิดแผนภูมิควบคุมครอบคลุมลักษณะของกระบวนการ แล้วจึงทำการย้าย (Migrate) แผนภูมิควบคุมที่จำเป็นต้องใช้แผนภูมิควบคุมไปสู่ระบบใหม่ โดยทำการทบทวนและแก้ไขแผนภูมิควบคุมที่พบข้อบกพร่องจากการออกแบบ ส่วนระบบเดิมนั้นจะถูกป้องกันไม่ให้มีการสร้างแผนภูมิควบคุมเพิ่มเติม

การดำเนินการในระยะที่ 2 นี้จะช่วยให้แผนภูมิควบคุมที่มีข้อบกพร่องจากการออกแบบซึ่งมีสัดส่วนเป็น 18% ของข้อบกพร่องทั้งหมดลดลงได้เนื่องจาก วิศวกรมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบแผนภูมิควบคุมมากขึ้น มีชนิดของแผนภูมิที่สามารถเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการได้ แผนภูมิที่ถูกสร้างขึ้นได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้งาน แต่ก็จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรและบุคลากรในการฝึกอบรม พัฒนาระบบการคำนวณและพล็อตแผนภูมิควบคุมเพื่อแยกออกจากระบบเดิม และทบทวนและแก้ไขแผนภูมิควบคุมที่พบข้อบกพร่องจากการออกแบบ

ระยะที่ 3 มุ่งเน้นประสิทธิผลจากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

การดำเนินการในระยะที่ 3 นี้ จะเป็นการนำแนวทางในคู่มือทั้งหมดมาดำเนินการ เพื่อมุ่งเน้นที่ประสิทธิผลจากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมคือ การลดความผันแปรในกระบวนการผลิตโดยการค้นหาสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นและดำเนินการแก้ไขหรือป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำ ซึ่งการดำเนินการในลักษณะนี้จะช่วยให้ข้อบกพร่องในส่วนของกระบวนการออกนอกการควบคุมแต่ไม่ได้รับการแก้ไข ซึ่งมีสัดส่วน 20.8% จากข้อบกพร่องทั้งหมดลดลงได้ แต่ก็ต้องมีการฝึกอบรมบุคลากรในหลายระดับ พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนขั้นตอนในการดำเนินการที่เพิ่มเติม ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทรัพยากร บุคลากร ตลอดจนงบประมาณในการดำเนินการจำนวนมากเช่นกัน

5.3.2 การปรับปรุงเพื่อให้สามารถนำคู่มือแนวทางไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมอื่น

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นการนำคู่มือแนวทางนี้ไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมอื่น อาจจะยังมีส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมหรือต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ

5.3.3 การปรับปรุงเพื่อสำรวจการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทย

หัวข้อและเกณฑ์ในการตรวจประเมินของงานวิจัยนี้ สามารถไปพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้สามารถดำเนินการสำรวจ (Survey) การใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทยได้ ซึ่งผลที่ได้จากการสำรวจจะสะท้อนให้เห็นประสิทธิผลในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานต่างๆ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจยังสามารถนำมาเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking) เพื่อให้เกิดการพัฒนาการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้นได้

5.3.4 การศึกษาต้นทุนในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานอุตสาหกรรม

ควรมีการศึกษาต้นทุนในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เพื่อให้ผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานแผนภูมิควบคุมในโรงงานเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาและความสูญเปล่าที่เกิดจากความบกพร่องในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ตลอดจนความจำเป็นในการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเพื่อให้บรรลุประสิทธิผล คือ การลดความผันแปรของกระบวนการผลิต ซึ่งจะนำไปสู่การลดต้นทุนในการผลิตได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2551

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2549

ผานิต โอฬารรัตน์มณี. ระบบสนับสนุนการเลือกใช้และออกแบบพารามิเตอร์แผนภูมิควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543

เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2528

อุมาวดี นุชนิยม. ปัจจัยสำคัญต่อการนำเทคนิคการควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2547

ภาษาอังกฤษ

Automotive Industry Action Group (AIAG). Statistical process control. Second printing. Michigan: Automotive Industry Action Group (AIAG), 1995.

Automotive Industry Action Group (AIAG). Measurement system analysis. 3rd ed. Michigan: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2002.

Automotive Industry Action Group (AIAG). Statistical process control. 2nd ed. Michigan: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2005.

Antony, J. Ten key ingredients for making SPC successful in organizations. Measuring Business Excellence 4 4 (2000): 7-10.

Antony, J., and Taner T. A conceptual framework for the effective implementation of statistical process control. Business Process Management 9 4 (2003): 473-489.

Association Connecting Electronics Industries (IPC). ANSI/IPC-9191: General guidelines for implementation of statistical process control (SPC). Illinois: Association Connecting Electronics Industries (IPC), 1999.

Boccacino, M. J., Get control of your control charts, Quality Progress 26 10 (Oct 1993): 99-102.

Borror, C. M., eds. The certified quality engineer handbook. 3rd ed. Wisconsin: ASQ Quality Press, 2009.

Cheng, P. C., and H. Dawson, S. D. A study of statistical process control: practice, problems and training needs. Total Quality Management 9 1 (1998): 3-20.

Dasgupta, T. Maximizing the effectiveness of control charts: A framework for reacting to out-of-control signals. ASQ World Conference on Quality and Improvement Proceedings, pp. 327-337. SA, 2003.

Deming, E. W. Out of the crisis. Twenty-sixth printing. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1998.

Does, R. J. M. M., Schippers, W. A. J., and Trip A. A framework for implementation of statistical process control. International Journal of Quality Science 2 3 (1997): 181-197.

Duncan, A. J. Quality control and industrial statistics. 4th ed. Illinois: Richard D. Irwin, 1974.

Feigenbaum, A. V. Total quality control. 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill, 1991.

Goh, T. N., Xie, M., and Xie, W. Prioritizing processes in initial implementation of statistical process control. IEEE Transactions on Engineering Management 45 1 (February 1998): 66-71.

Government Electronics and Information Technology Association (GEIA). GEIA standard: EIA 557-B statistical process control system. Virginia: Government Electronics and Information Technology Association (GEIA), 2006.

Grant, E. L., and Leavenworth, R. S. Statistical quality control. 7th ed. McGraw-Hill, 1996.

Grimshaw, S. D., Bryce, G. R., and Meade, D. J. Control limits for group charts. Quality Engineering 12 (January 1999):177-184.

Hewson, C., Sullivan, P. O., and Stenning, K. Training needs associated with statistical

process control. Training for Quality 4 4 (1996): 32-36.

Juran, J. M., and Godfrey, B. A., eds. Juran's quality handbook. 5th ed. Singapore: McGraw-Hill, 2000.

Kanazuka, T. The effect of measurement error on the power of $\overline{X}$ -R charts. Journal of Quality Technology 18 2 (April 1986): 91-95.

Koutras, M. V., Bersimis, S., and Maravelakis, P. E. Statistical process control using Shewhart control charts with supplementary runs rules. Methodology and Computing in Applied Probability 9 2 (June 2007): 207-224.

Kubiak, T. M., and Benbow, D. W. The certified six sigma black belt handbook. 2nd ed. Wisconsin: ASQ Quality Press, 2009.

Kumar, A., and Motwani, J. Doing it right the second time. Industrial Management & Data System 6 (1996): 14-19.

Linna, K. W., and Woodall, W. H., Effect of measurement error on Shewhart control charts. . Journal of Quality Technology 33 2 (April 2001): 213-222.

Meneces, N. S., Olivera, S. A., Carlos, D. S., and Tessore, J. Statistical control of multiple-stream processes: A Shewhart control chart for each stream. Quality Engineering 20 (April 2008): 185-194.

Montgomery, D. C. Applied statistics and probability for engineers. 3rd ed. John Wiley & Son, 2003.

Montgomery, D. C. Introduction to statistical quality control. 5th ed. John Wiley & Son, 2005.

Mortell, R. R., and Runger G. C. Statistical process control of multiple stream processes. Journal of Quality Technology 27 1 (January 1995): 1-12.

Nelson, L. S. The Shewhart control chart-tests for special causes. Journal of Quality Technology 16 4 (October 1984): 237-239.

Nelson, L. S. Interpreting Shewhart $\overline{X}$ control charts. Journal of Quality Technology 17 2 (April 1985): 114-116.

Nelson, L. S. Control chart for multiple stream processes. Journal of Quality Technology 18 4 (October 1986): 255-256.

Nelson, L. S. Control Charts: Rational subgroups and effective applications. Journal of Quality Technology 20 1 (January 1988): 75-75.

Oakland, J. S. Statistical process control. 6th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008.

Ott, E. R., Schilling, E. G., and Neubauer D. V., Process quality control: Troubleshooting and interpretation of data. 4th ed. Wisconsin: ASQ Quality Press, 2005.

Sandorf, J. P., and Bassett, A. T., The OCAP: Predetermined response to out-of-control conditions. Quality Progress (May 1993): 91-94.

Sefik, M. Importance of the rational subgroups in designing control charts. Computer Industrial Engineering 35 (1998): 205-208.

Silverstein, D. Cause and Effect Analysis Tools [Computer file]. Seagate Technology, 2005.

Xie, M., Goh, T. N., and Xie, W. Prioritizing processes for better implementation of statistical process control techniques. Proceedings of 1995 IEEE Annual International Engineering Management Conference, pp. 260-263. Singapore, 1995.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QUALITY SYSTEM PROCEDURE

Document No.	Title : Statistical Process Control Procedure	Rev.
QP-QE-007	Page 1 of 8	04

History

Rev.	Released date	Approval Ref.	Originator	Description of change
01	Nov 11'2006	DCC-QP.5-06-00006 (ID: 009295)	Ponlawat S.	Revise procedure QP-QE-007 rev.D and adding guideline for develop control chart (sampling frequency, subgroup size, and effectiveness of control limit)
02	Apr 02'2007	DCC-QP.5-07-00014 (ID: 031127)	Ponlawat S.	Revise 6.3 -Change triggering system Revise 6.4 -Specification
03	Feb 26'2008	DCC-MDR-08-00011 (ID: 104409)	Ponlawat S.	Revise 3.0 -Responsibility Revise 6.1 -QE and/or PE is responsible to select the appropriate statistical tools and change name "X-MR chart" to "I-MR chart" Revise 6.2.5 -Add note for manage out of spec data Revise 6.3.2A (for Pre-control or I-MR chart only) Revise 6.4.1.1, 6.4.2.2 -IPQC Supervisor raise QAN (if e-SPC system does not apply) and add appendix II(example of e-SPC system) Add "NOTE: Spec limit use for Pre-chart and I-MR chart only" in appendix I
04	***Oct 14'2008***	***DCC-MDR.2-08-00030 (ID: 177921)***	***Ponlawat S.***	***Revise 6.4.1.3 -Add period of warning level I action must be within the period that state in WI (if available) but not longer than 3 working days.*** ***Revise 6.6 -Change to "improvement action"***

Uncontrolled copy when printed out

1. PURPOSE

Statistical Process Control (SPC) is the basic statistical method to make our efforts at improvement more effective. By studying variation and using statistical signals to monitor and / or improve performance. There are several types of control charts depend on data type. The control chart for Average and Range (X-bar and R chart) is selected to present data for use as a basis for action. This document defines the procedure for using control chart to monitoring and controlling the manufacturing process, specifies the triggering criteria and also provides guideline for chart interpretation.

2. SCOPE

It is applied to any products per customer requirements.

3. RESPONSIBILITY

In-Process Quality Control Operators/Manufacturing Operators (IPQC/Mfg Operators) and/or technicians are responsible for collecting the samples, *measuring* and entering the data into *e-SPC* system.
In-Process Quality Control Supervisors (IPQC Supervisors) are responsible for verify data, issuing QAN (if e-SPC system does not apply) and following up the corrective action.
Quality Engineers (QE) are responsible for *verify result, corrective action evidence, and revise the application of each control chart.*
Process Engineers (PE) are responsible for doing chart interpretation, process analysis and provide the corrective action.
Maintenance Engineers (ME) are responsible for handling equipment maintenance and provide the corrective action that related to tooling/equipment or machine setting.
BU Leaders are responsible to ensure SPC effective implementation and get participate SPC review and process capability analysis.

4. REFERENCE DOCUMENT

QUALITY SYSTEM PROCEDURE

Quality Alert Notice System Procedure (QP-QE-001)

5. DEFINITION /TERMINOLOGY

CL	=	Control Limit
UCL	=	Upper Control Limit
LCL	=	Lower Control Limit
USL	=	Upper Specification Limit
LSL	=	Lower Specification Limit
SPC	=	Statistical Process Control
CUSUM	=	Cumulative Sum
EWMA	=	Exponentially Weighted Moving Average
I-MR	=	Individuals (I) Moving Range (MR)
QAN	=	Quality Alert Notice

6. PROCEDURE

Part I: Defines the type of data and control chart for Statistical Process Control

6.1 QE and/or PE is responsible for select the Statistical Process Control

6.1.1 SPC can be apply to the process by using 7 QC tools technique

6.1.1.1 Histogram
6.1.1.2 Check sheet
6.1.1.3 Pareto diagram
6.1.1.4 Cause and effect (or Fishbone) diagram
6.1.1.5 Graph or Defect concentration diagram
6.1.1.6 Scatter diagram
6.1.1.7 Control chart

QE and/or PE can be determine the appropriate types (see appendix I)

6.1.1.7.1 Variable Control Chart
- X-bar R chart, X-bar S chart (support by e-SPC System)
- I-MR chart (support by e-SPC system)
- EWMA and CUSUM chart

6.1.1.7.2 Attribute Control Chart
- p chart, np chart
- u chart, c chart
- Cumulative Count Control chart

Part II: Defines the procedure for using control chart to controlling and monitoring the manufacturing process.

6.2 QE is responsible for co-ordinate with PE and ME to identify critical parameters of each operations and/or specify the target, triggering limit as customer requirement.

6.2.1 Define the critical parameters of each process by describe that is to be continuous (quantitative) or discrete (qualitative) data.

6.2.2 Define the sampling frequency with rational subgroup concepts. The sample within each subgroup must minimize chance of special cause impact by taking the consecutive sample in each group; while maximize variation between subgroup.

6.2.3 Define subgroup size (as earlier stage) by larger to detect small shift. After that economize subgroup size (compare with requirement to detect process shift). Finally in general using 2-10 samples per subgroup.

6.2.4 Establish trial control limit by using data at least 20-25 subgroups.

6.2.5 Review and/or revise the control limit periodically (quarterly basis) or when process had been change.

Note: -Out of spec data should not be remove/censor before plotting into control chart

Uncontrolled copy when printed

QUALITY SYSTEM PROCEDURE

6.3 QE and/or PE is responsible for setup condition of "out of control", Triggering will be issued and classified into 2 warning levels.

6.3.1 **Warning level I,** out of control condition for this level is composed of :-

A. 1 point plots outside the 3σ control limits
B. 2 of 3 consecutive points outside the 2σ limits but still inside the control limits
C. 4 of 5 consecutive points beyond the 1σ control limits
D. Unusual or non random pattern in the data (ie., 14 points in a row alternating up and down, recurring cycle etc.)
E. 15 points in a row in +/- 1σ limits (both above and below the center line)
F. Any 9 consecutive points or more are on the same side of the center line
G. 6 points in a row steadily increasing or decreasing
H. 8 points in a row in both sides of the center line with none in +/- 1σ

6.3.2 **Warning level II,** out of control condition for this level is composed of :-

A. 1 or more points plot outside the USL and LSL limits. (for Pre-control chart and I-MR chart only)
B. 2 or more points plot outside the 3 σ control limits.

6.4 Triggering system has 2 triggering levels. Each level has some specified action to be performed as follows:

6.4.1 Warning level I :

6.4.1.1 The notification will be automatically notified to concerned people via Microsoft outlook. QAN will be issue by IPQC supervisor (if e-SPC system does not apply) or use on line corrective action request (see example in appendix II).
6.4.1.2 Process engineers must isolate the cause of process deviation, corrective action should be taken.
6.4.1.3 PE/ME must give the explanation and commitment into QAN or on line corrective action request ***within period that state in WI (if available) but not longer than 3 working days.***
6.4.1.4 The control chart should be continued monitoring that the process returns to normal process controlling.
6.4.1.5 If no action conforms as above, QE should raise the CAR to PE/ME.

6.4.2 Warning level II :

6.4.2.1 The notification will be automatically notified to concerned people via Microsoft outlook.
6.4.2.2 IPQC supervisor will raise QAN (if e-SPC system does not apply) or use on line corrective action request to shut down the out of control station.
6.4.2.3 PE/ME must give the clearing actions within 24 hours.
6.4.2.3.1 PE/ME must investigate the cause of process deviation in parameter process related and provide corrective action.
6.4.2.3.2 Disposition plan shall be provided to dispose the WIP during period out of specification limit.
6.4.2.4 If no action conforms as above, QE should raise the CAR to PE/ME.

Part III : Control Chart interpretation

6.5 A list of conditions below indicating that the process is out of control even though there is no single point plots outside the control limit. These conditions are a few of the possible patterns which represent a non – random pattern. The R (range) chart should be examined first and then the X-bar (Average) chart.

6.5.1 Any points beyond Upper or Lower control limits.
6.5.2 Any consecutive points that are consistently increasing or decreasing.
6.5.3 Any recurring cycle (i.e. a consistently high value at the beginning of the shift or the beginning of a new chart).
6.5.4 Any shifts in process level.
6.5.5 Any points near or outside upper or lower limit. (UCL, LCL)
6.5.6 Any stratification points around control limit. (CL)

Uncontrolled copy when printed

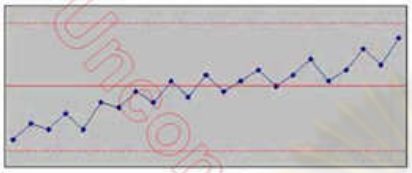
QUALITY SYSTEM PROCEDURE

Document No.	Title : Statistical Process Control Procedure	Rev.
QP-QE-007	Page 4 of 8	04

6.5.7 Any 7 consecutive points or more on the same side of control limit (CL).
6.5.8 Any 10 of 11 point or 12 of 14 points on the same side of control limit (CL).

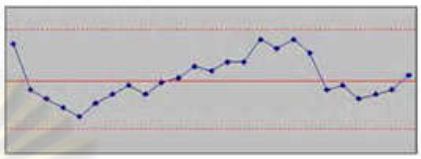
Any of these conditions exist they should be analyzed per the following section.

Trend Cause Analysis (6.5.2)



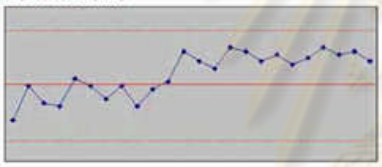
$\bar{X}$ Chart Cause	R Chart Cause
1. Deterioration of machine	1. Improvement or Deterioration of Operator skill
2. Tired Operator	2. Tired Operator
3. Tooling wear	3. The change of incoming material Quality
4. Temperature and Humidity changing	

Recurring Cycle Analysis (6.5.3)



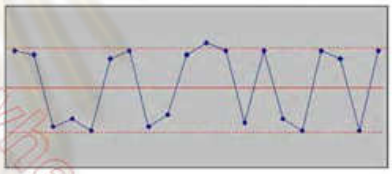
$\bar{X}$ Chart Cause	R Chart Cause
1. Temperature and Humidity Cycle	1. Scheduled Maintenance
2. Tired Operator	2. Tired Operator
3. Regular Rotation of Machine or Operator	3. Tool wear
4. Seasonal Material	4. Machine or Tool Lubricated cycle
5. Fluctuation in pressure or voltage in Equipment	

A shift in process level (6.5.4)



$\bar{X}$ Chart Cause	R Chart Cause
1. Modification of Method or Process	1. Change Operator
2. New Operator or Machine	2. Change Working Method
3. Change in proportions of Raw Material coming from different source	3. Raw Material qualities are much different
4. Some parts in Machine or tool are out or worn	4. Change in Inspection Method
5. Change in inspection Device or Method	

Any points near or outside the upper or lower control limit (6.5.5)



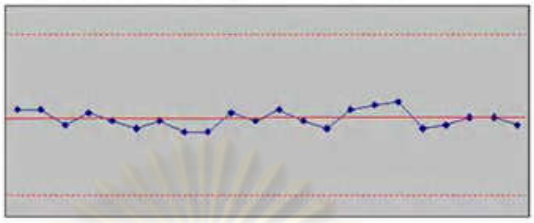
$\bar{X}$ Chart Cause	R Chart Cause
1. Over control	1. Mixture of Material of distinctly different quality
2. Large Systematic Differences in Material Quality	
3. Large Systematic Differences in Test method, Equipment or machine	
4. Do process adjustment too often	

Uncontrolled copy when printed out
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QUALITY SYSTEM PROCEDURE

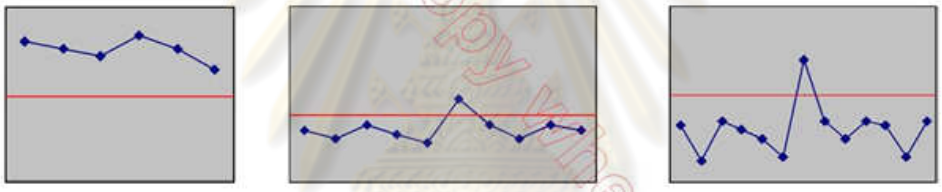
Document No.	Title : Statistical Process Control Procedure	Rev.
QP-QE-007	Page 5 of 8	04

Stratification points around control limit (lack of variability, 6.5.6)



$\bar{X}$ Chart Cause	R Chart Cause
1. Incorrect Calculation of control limits	1. Too few number of measurements in each sample
2. Improvement in Process since limits were calculated	2. Improvement in Process since limits were calculated
3. Operator may not be marking checks	3. Samples are from widely differing Lots

Any 7 consecutive points or more, 10 of 11 point or 12 of 14 points are on the same side of control limit (CL, 6.5.7, 6.5.8)



The possible causes should be from:

1. The test equipment or tooling is not calibrated or not in good working order.
2. The calculations are not correct.
3. The operator does not understand and follows the instructions for producing the charts and operating the test equipment.

Part IV: SPC vs Continuous Process Improvement

6.6 Process Capability Monitoring, QE will provide process capability report, per weekly or per team agreement when the process capability monitoring is less than 1.33, triggering will be issued the QAN. PE/ME must give the clearly ***improvement action***.

6.7 Continuous process Improvement, PE/ME will study to improve the process capability and provide continuous improvement plan. And QE/IPQC to follow up the continuous improvement plan and keep monitoring the process capability.
(See continuous process improvement cycle as appendix *III.)*

Uncontrolled Copy When Printed Out
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

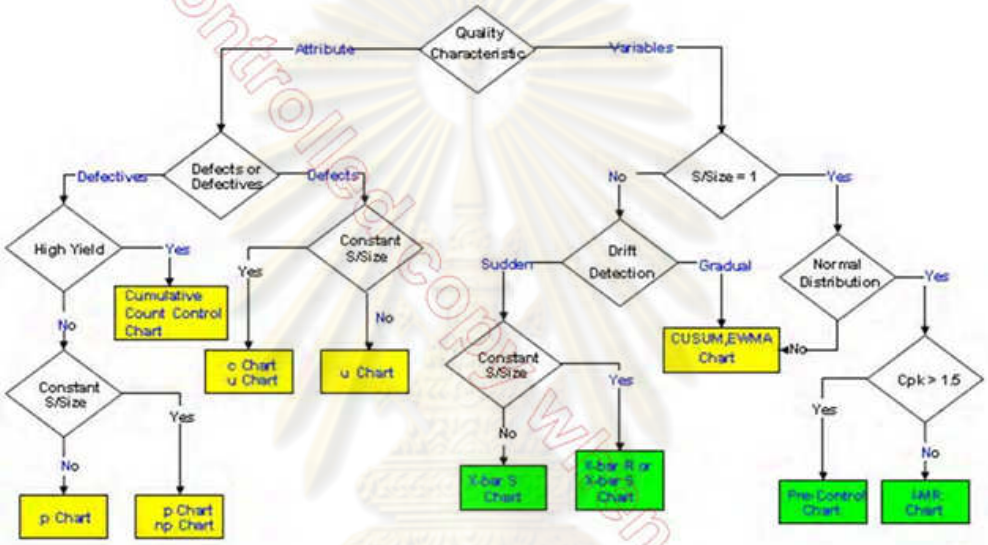
QUALITY SYSTEM PROCEDURE

Document No.	Title : Statistical Process Control Procedure	Rev.
QP-QE-007	Page 6 of 8	04

7. RETENTION RECORD

Item	Record Name	Retention Time		Responsibility
		Hard Copy	Soft file	
1	Control charts & Corrective action	1 years or customer specify	3 years or customer specify	QE
2	Process capability report			

Appendix I: Control Chart Roadmap Selection



Uncontrolled copy when printed out
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QUALITY SYSTEM PROCEDURE

Document No.	Title : Statistical Process Control Procedure	Rev.
QP-QE-007	Page 7 of 8	04

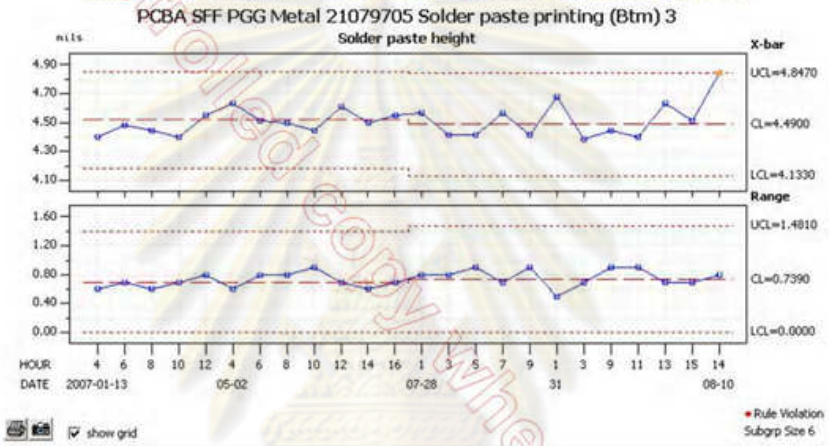
Appendix II: Example of e-SPC system

***** This message is sent from SPC station, do not reply this message but please do the appropriate action *****

SPC Warning level 1 Due to X-bar R chart at DATE: Aug 10, 2007 TIME: 14:00:01 for
Product : PCBA
Model : SFF PGG Metal
Part No : 21079705
Operation : Solder paste printing (Btm)
Machine : 3
Parameter : Solder paste height
Remark :
as following rules :

X-bar R chart :
1 point outside the 3 sigma

You can view SPC chart with this URL
http://kljspc_online/default.asp?Shid=409008&DatePlot=2007-08-10%2014:00:01
Or
http://www.fabinnet.co.th/custappl/spc_online/default.asp?Shid=409008&DatePlot=2007-08-10%2014:00:01&KeyID=NDA5MDA



SPC warning Level I

SPC warning & Corrective action requisition

CorrectiveAction must be complete within 3 working days.

SPC Action Request # 070810001 **Issued Date : Aug 10, 2007**

Product Model : PCBA SFF PGG Metal **Part Number :** 21079705
Date Build : Aug 10, 2007 **Shift :** C **Hour :** 14
Apparent Problem : 1 point outside the 3 sigma
Operation : Solder paste printing (Btm) **Machine :** 3
Parameter : Solder paste height

Root cause of the problem : Equip /Tool
Adjust Down Stop & Total force
Comments :
Name : Thanait **Ext :** 1766 **Date :** Aug 10, 2007 **Time :** 14:27:42

Describe Corrective Action (CA) Plan :
Adjust Down Stop & Total force

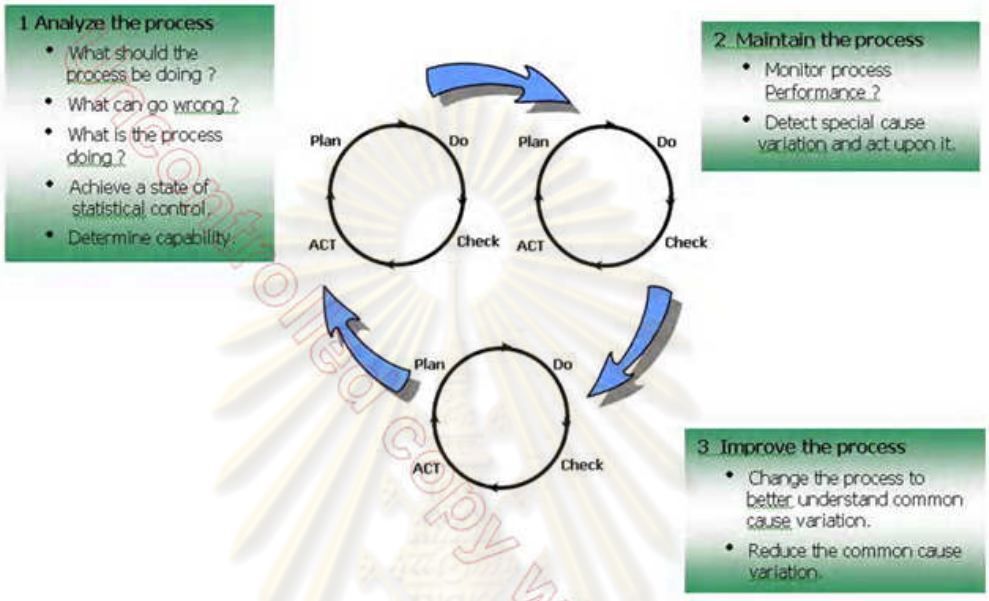
Confirm next point should be in control limit
Follow up Result :
Name : atasitp **Ext :** 000 **Date :** Aug 10, 2007 **Time :** 14:47:26

Uncontrolled copy when printed out
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QUALITY SYSTEM PROCEDURE

Document No.	Title : Statistical Process Control Procedure	Rev.
QP-QE-007	Page 8 of 8	04

Appendix III: Continuous Process Improvement Cycle



Uncontrolled copy when printed out
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

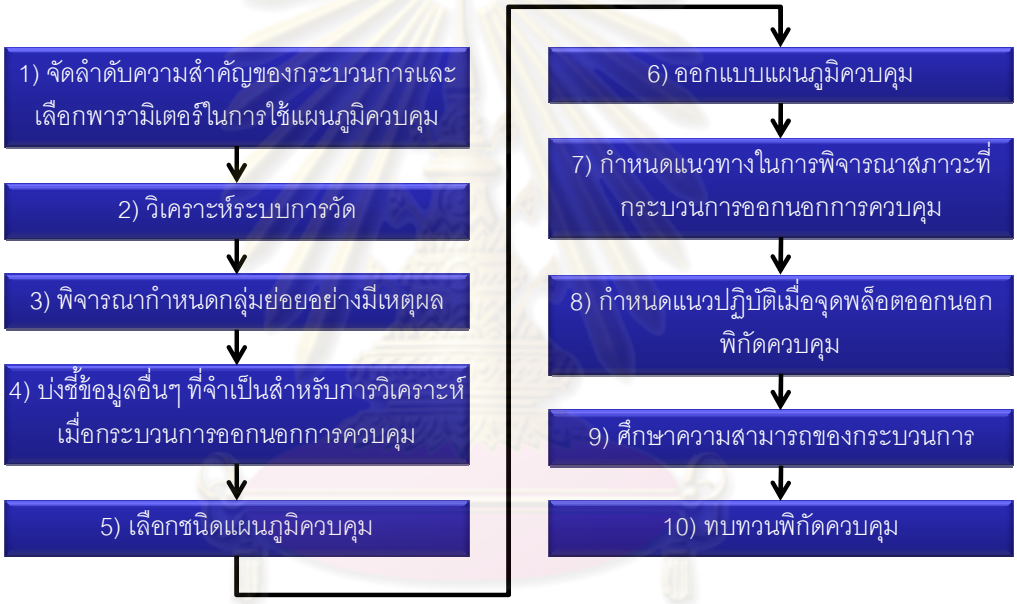
ภาคผนวก ข
คู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนที่ 1 เป็นขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม ส่วนที่ 2 เป็นการสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล และส่วนที่ 3 เป็นการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

1 ขั้นตอนในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

แนวทางในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลมีทั้งหมด 10 ขั้นตอนดังรูปที่ 1



รูปที่ 1.1 แนวทางในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

รายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1.1 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

พารามิเตอร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Final Product Parameter หรือ FPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพตามพิกัดข้อกำหนดหรือสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จสิ้นแล้วที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า

2) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต (In-process Product Parameter หรือ IPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการผลิตหรือการแปรรูป

3) พารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter หรือ PP) คือ ตัวแปรหรือปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการผลิตที่มีผลต่อลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมมี 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม

รายละเอียดของวิธีการตามขั้นตอนที่ 1-4 มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

การกำหนดระดับความสำคัญของ FPP ให้พิจารณาจาก 2 ปัจจัย คือ ความวิกฤติเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤติเชิงสถิติ (Statistical criticality) ค่าความวิกฤติเชิงเทคนิคออกเป็น 5 ระดับ คือ 1 = ต่ำ 2 = ค่อนข้างต่ำ 3 = ปานกลาง 4 = ค่อนข้างสูง 5 = สูง การ

กำหนดค่าความวิกฤติเชิงเทคนิคให้พิจารณาจาก ระดับของผลกระทบของ FPP ที่มีผลต่อการทำงาน (Function) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หรือสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า โดยใช้ความรู้เชิงวิศวกรรมและเสียงจากลูกค้า และให้ดำเนินการเป็นทีม ซึ่งประกอบด้วยวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายคุณภาพ ฝ่ายผลิต และลูกค้า

การพิจารณาค่าความวิกฤติเชิงสถิติของพารามิเตอร์ใดๆ ให้พิจารณาจากระดับของดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการคือค่า Z-Score หรือสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากพารามิเตอร์นั้นๆ ในหน่วย DPPM (Defect part per million) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความวิกฤติเชิงสถิติตามดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการหรือสัดส่วนของเสีย

ดัชนี	ค่าความวิกฤติเชิงสถิติ				
	1	2	3	4	5
ความสามารถของกระบวนการในหน่วย Z-Score	>6	>5	>4	>3	<3
สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM	< 3.4	< 233	< 6210	< 66811	> 66812

ในกรณีที่การแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติตามตารางที่ 1 ไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงนัยสำคัญของความแตกต่างได้ ทีมงานสามารถที่จะปรับเปลี่ยนการแบ่งระดับความวิกฤติเชิงสถิติใหม่เพื่อให้สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญได้ ทั้งนี้ระดับความวิกฤติเชิงสถิติใหม่นี้พึงได้รับความเห็นชอบจากทีมงานและลูกค้าก่อนนำมาใช้งาน

ระดับความสำคัญของ FPP คือผลรวมของระดับความวิกฤติเชิงสถิติและระดับความวิกฤติเชิงเทคนิค

ขั้นตอนที่ 2 จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ

แผนผังเมทริกซ์ดังรูปที่ 3 เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการกับ FPP และระดับความสำคัญของ FPP

ขั้นตอนในการจัดทำแผนผังเมทริกซ์มีดังนี้

1) นำ FPP และค่าระดับความสำคัญของพารามิเตอร์ที่ได้จากการดำเนินการตามหัวข้อขั้นตอนที่ 1 ใส่ลงในส่วนที่ 1 และ 2 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3 ส่วนที่ 1 และ 2) ตามลำดับ

2) ระบุกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ลงในส่วนที่ 3 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3 ส่วนที่ 3)

3) กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการกับ FPP ลงในส่วนที่ 4 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3 ส่วนที่ 4) โดย

ค่า 0 = กระบวนการไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP

1 = กระบวนการมีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย

4 = กระบวนการมีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง

9 = กระบวนการมีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

4) คำนวณและบันทึกคะแนนรวมของกระบวนการลงในส่วนที่ 5 ของแผนผังเมทริกซ์ (รูปที่ 3 ส่วนที่ 5) โดยคะแนนรวมของกระบวนการสามารถได้ดังนี้

ถ้ากำหนดให้ Z_i = คะแนนรวมของกระบวนการ i

y_j = ค่าระดับความสำคัญของ FPP j

x_{ij} = ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการ i กับ ค่าระดับความสำคัญของ FPP j

แล้ว $$Z_i = \sum_{j=1}^{m} y_j x_{ij}$$ สำหรับ i = 1,2,...,n

เช่น จากรูปที่ 3 คะแนนรวมของกระบวนการที่ 2 = (5x4) + (8x9) + (9x4) = 128

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังเมทริกซ์

	ค่าระดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย	3	5	8	3	9	2	4	5	3	8	2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		พารามิเตอร์ A	พารามิเตอร์ B	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ D	พารามิเตอร์ E	พารามิเตอร์ F	พารามิเตอร์ G	พารามิเตอร์ H	พารามิเตอร์ I	พารามิเตอร์ J	1 รวม
	กระบวนการ											
1	กระบวนการที่ 1	1										3
2	กระบวนการที่ 2		4	9		4						128
3	กระบวนการที่ 3		4	4	9		4	1	9	1	9	211
4	กระบวนการที่ 4	9									5	67
5	กระบวนการที่ 5	4				9	1			9	1	130
6	กระบวนการที่ 6			1				9				44
7	กระบวนการที่ 7	1			1							6
8	กระบวนการที่ 8											0
9	กระบวนการที่ 9		9				9		1			68
10	กระบวนการที่ 10				4							12

3 4 5

0 = ไม่มีความสัมพันธ์, 1 = มีความสัมพันธ์เล็กน้อย, 4 = มีความสัมพันธ์ปานกลาง, 9 = มีความสัมพันธ์มาก

รูปที่ 3 แผนผังเมทริกซ์สำหรับการพิจารณาความสัมพันธ์ของกระบวนการกับพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดทำแผนผังเมทริกซ์จะถูกนำมาใช้จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP โดยมีวิธีในการพิจารณา 2 วิธี คือ

1) พิจารณาโดยการมุ่งเน้นทีละพารามิเตอร์ โดยพิจารณาจาก FPP ที่มีค่าระดับความสำคัญสูงที่สุด แล้วจัดลำดับการศึกษากระบวนการตามระดับความสัมพันธ์ของกระบวนการกับ FPP นั้น คือ ศึกษากระบวนการที่มีความสัมพันธ์มากก่อนแล้วจึงศึกษากระบวนการที่มีความสัมพันธ์ปานกลางหรือมีความสัมพันธ์เล็กน้อยไปตามลำดับ ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถมั่นใจได้ว่าการศึกษากระบวนการเพื่อควบคุม IPP หรือ PP จะเป็นไปตามลำดับความสำคัญของ FPP อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อด้อยคือ ในกรณีที่มี FPP จำนวนมาก โอกาสที่ FPP หลายตัวจะมีค่าระดับความสำคัญเท่ากันก็จะเพิ่มขึ้น หาก FPP หลายตัวมีค่าระดับความสำคัญเท่ากันแล้ว การจัดลำดับการศึกษากระบวนการก็จะไม่มีความชัดเจนว่าควรจะเลือกศึกษากระบวนการใดก่อน นอกจากนี้การศึกษาแบบมุ่งเน้นทีละพารามิเตอร์ จะช้ากว่าการศึกษาแบบมุ่งเน้นที่กระบวนการ เพราะการศึกษาแบบมุ่งเน้นที่กระบวนการนั้นเป็นการพิจารณา FPP หลายตัวที่มีความสัมพันธ์กับ IPP หรือ PP ของกระบวนการไปพร้อมกัน

2) พิจารณาโดยการมุ่งเน้นที่กระบวนการ โดยใช้คะแนนรวมของกระบวนการเป็นสารสนเทศสำหรับจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP โดยกระบวนการที่มีคะแนนรวมสูงควรได้รับการศึกษาก่อน ข้อดีของวิธีการนี้คือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP จะมีความรวดเร็วเพราะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP หลายๆ ตัวที่มีต่อ IPP หรือ PP ของกระบวนการหนึ่งๆ ไปพร้อมๆ กัน แต่วิธีการนี้ก็มีข้อด้อยคือ FPP ที่มีความสำคัญสูงมีโอกาสที่จะได้รับการศึกษาความสัมพันธ์กับ IPP และ PP ที่เกี่ยวข้อง ช้ากว่า FPP ที่มีความสำคัญน้อยกว่า คือหาก FPP มีค่าระดับความสำคัญสูงแต่กระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP นี้มีความสัมพันธ์กับ FPP อื่นๆ น้อย ก็อาจจะทำให้กระบวนการนี้ได้รับการศึกษาช้ากว่า กระบวนการอื่นที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับ FPP นี้ แต่มีความสัมพันธ์กับ FPP อื่นๆ จำนวนมาก

การเลือกวิธีในการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น ในกรณีที่มี FPP จำนวนน้อยและมีกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP จำนวนไม่มาก ก็ควรใช้การพิจารณาแบบมุ่งเน้นทีละพารามิเตอร์เพราะการศึกษากระบวนการจะเป็นไปตามลำดับความสำคัญของ FPP แต่หาก FPP มีจำนวนมากก็ควรใช้การพิจารณาโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการเพราะจะเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP หลายตัวกับ IPP หรือ PP ไปพร้อมกัน

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษากระบวนการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท

เมื่อทราบลำดับความสำคัญของกระบวนการที่จะศึกษาแล้ว ผู้ควบคุมการผลิตจำเป็นต้องศึกษากระบวนการเพื่อบ่งชี้และหาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP การบ่งชี้และหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถทำได้โดยอาศัยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์ (Cause and effect) เช่น กำหนดให้ IPP เป็นสาเหตุหรือตัวแปรอิสระ (Independent variables) และ FPP เป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม (Dependent variables) หรือในอีกกรณีคือ PP เป็นสาเหตุหรือตัวแปรอิสระและ IPP หรือ FPP เป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การบ่งชี้ความสัมพันธ์โดยใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราห์ความล้มเหลว (Failure analysis) การวิเคราะห์สาเหตุและผลลัพธ์โดยใช้แผนภูมิสาเหตุและผลลัพธ์ (Cause and Effect diagram) การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) การออกแบบการทดลอง

(Design of Experiment) การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่แล้วด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ฯลฯ ทั้งนี้การจะใช้วิธีการใดในการวิเคราะห์สาเหตุและผลลัพธ์นั้นไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวว่าจะต้องใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเสมอ

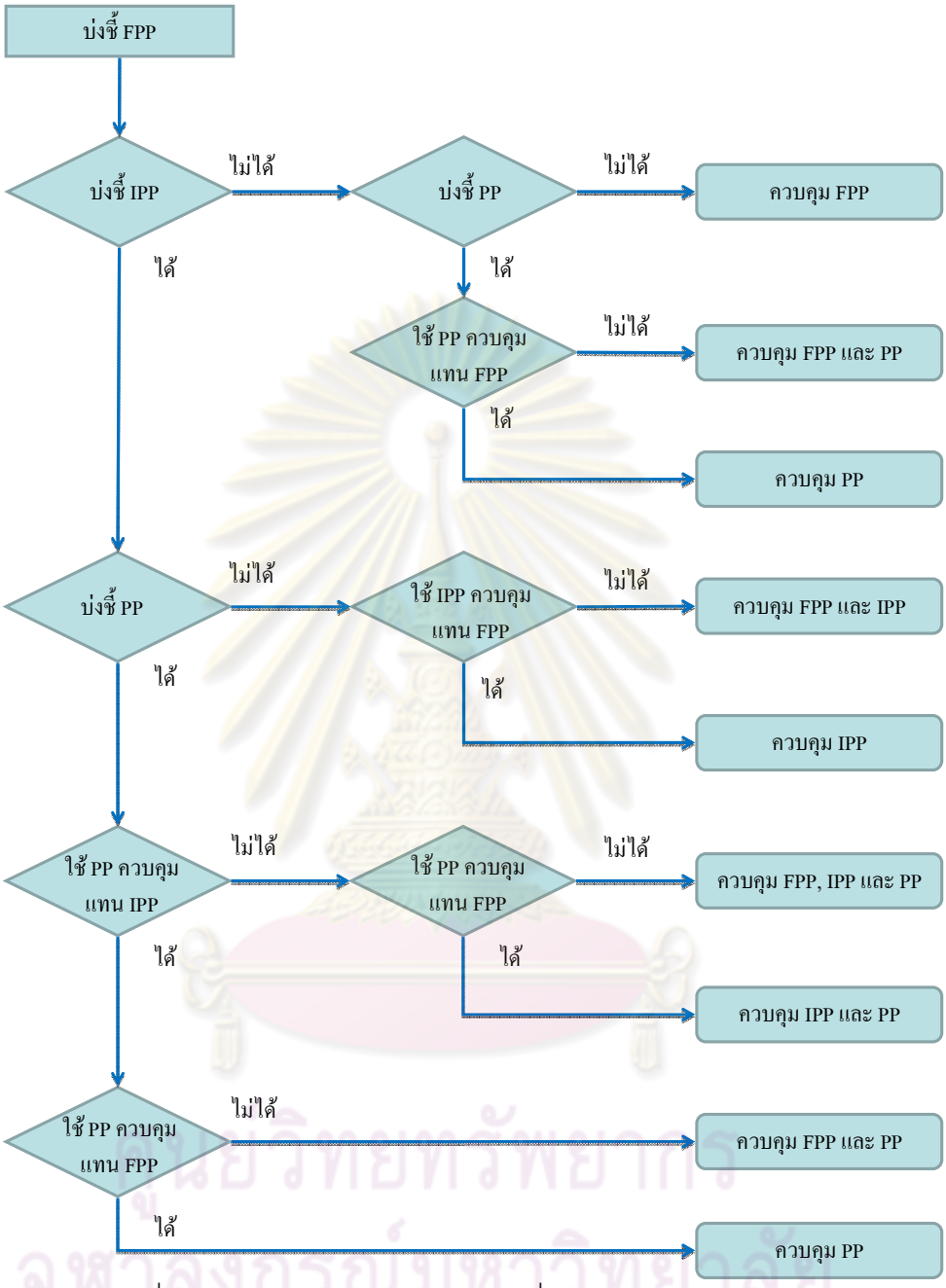
ขั้นตอนที่ 4 เลือกพารามิเตอร์ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม

จากการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 ทำให้ได้ลำดับความสำคัญของ FPP ลำดับของกระบวนการในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท ตลอดจน IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ตามลำดับ โดยผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1-3 นี้จะมีความเชื่อมโยงกันเพื่อให้การใช้แผนภูมิควบคุมมีความสอดคล้องกัน การดำเนินการในขั้นตอนที่ 4 นี้คือ การนำผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1-3 มาพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ที่จะนำไปควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม โดยมีแนวทางในการเลือกคือ

ในตอนเริ่มต้นของการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมหากยังไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ในเชิงสาเหตุและผลลัพธ์ระหว่าง FPP กับ IPP หรือ PP ได้ ก็จำเป็นต้องใช้แผนภูมิควบคุมกับ FPP แต่ถ้าสามารถระบุความสัมพันธ์ในเชิงสาเหตุและผลลัพธ์ระหว่าง FPP กับ IPP หรือ PP ได้ ก็สามารถใช้แผนภูมิควบคุมกับ IPP หรือ PP ควบคู่ไปกับแผนภูมิควบคุม FPP และหากการควบคุม FPP สามารถทดแทนได้ด้วยการควบคุม IPP หรือ PP ก็สามารถที่จะยกเลิกแผนภูมิควบคุม FPP ได้ หรือหากการควบคุม IPP สามารถทดแทนได้ด้วยการควบคุม PP ก็สามารถที่จะยกเลิกแผนภูมิควบคุม IPP ได้

แนวทางในการเลือกพารามิเตอร์สำหรับการใช้แผนภูมิควบคุมสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 แนวทางในการเลือกพารามิเตอร์ที่จะนำไปควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม

ในบางกรณีการทดแทนการควบคุม FPP จะยังไม่สามารถทำได้ด้วยการควบคุม IPP หรือ PP ในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แต่จำเป็นต้องควบคุม IPP และ PP ที่เกี่ยวข้องในหลายกระบวนการจึงจะสามารถทดแทนการควบคุม FPP ได้

ข้อสังเกตจากการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1-4

ในกรณีที่ความรู้ความเข้าใจในผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการยังมีน้อย เช่น กรณีผลิตภัณฑ์ใหม่หรือกระบวนการใหม่ การจัดลำดับความสำคัญและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุมอาจจะดำเนินการเพียงขั้นตอนที่ 1 ก็ได้ คือ เลือก FPP ที่จะดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เมื่อความเข้าใจในผลิตภัณฑ์และกระบวนการมีมากขึ้น ก็ควรที่จะดำเนินการในขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP และ PP อันเป็นการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ในกระบวนการต้นน้ำยิ่งขึ้นและเป็นการควบคุมปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและช่วยให้การตอบสนองและแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการสร้างแผนภูมิควบคุมที่ซ้ำซ้อนทำให้การใช้ทรัพยากรในการควบคุมกระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด

ให้ดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดตามเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานการวิเคราะห์ระบบการวัด QP-ENG-004

1.3 การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

คุณลักษณะของกลุ่มย่อยที่มีเหตุผลมีดังนี้

- ตัวอย่างที่ถูกบ่งชี้เพื่อนำมารวมกันเป็นกลุ่มย่อยควรที่จะสะท้อนสภาวะของกระบวนการในช่วงเวลาที่กลุ่มย่อยถูกใช้เป็นตัวแทนได้อย่างเหมาะสม และทำให้การบ่งชี้หรือการสืบกลับเพื่อหาสาเหตุพิเศษทำได้สะดวก นอกจากนี้การเก็บข้อมูลจากตัวอย่างควรที่จะสามารถทำได้ด้วยวิธีการที่สม่ำเสมอและวัดค่าได้อย่างถูกต้อง

- การกำหนดขนาด ช่วงเวลาและความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยต้องเพียงพอที่จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่ผู้ควบคุมกระบวนการพิจารณาแล้วว่ามีนัยสำคัญได้อย่างทันท่วงที แต่ต้องไม่มีขนาดที่ใหญ่เกินไปจนตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีนัยสำคัญ

- ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย ต้องไม่ห่างกันจนเกินไปจนทำให้เกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย และต้องไม่สั้นจนเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน

- การกำหนดความถี่ของการสุ่มตัวอย่างของกลุ่มย่อยต้องเพียงพอที่จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตงานที่ด้อยคุณภาพออกมาเป็นจำนวนมาก

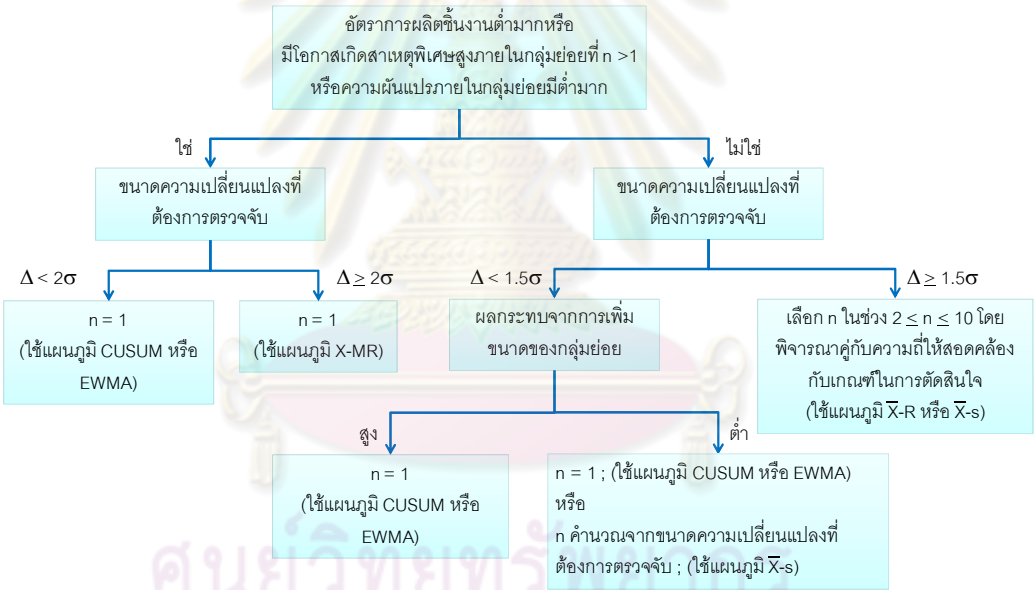
- ในกรณีของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะขนาดตัวอย่างจะต้องไม่น้อยเกินไปจนเมื่อพบข้อบกพร่อง 1 ชนิดหรือของเสียเพียง 1 ตัว แล้วทำให้แผนภูมิควบคุมบ่งชี้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม

ขั้นตอนในการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลสำหรับแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปรมีดังนี้

1) บ่งชี้ตัวอย่างที่จะดำเนินการก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย โดยคำนึงถึงการสะท้อนสภาวะของกระบวนการ และความสะดวกในการเก็บข้อมูลและสืบกลับเพื่อหาสาเหตุพิเศษ ความสม่ำเสมอและความถูกต้องของการวัด

2) กำหนดขนาด ช่วงเวลา และความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย

a) กำหนดขนาดของกลุ่มย่อยตามแนวทางดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แนวทางในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยสำหรับแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

จากรูปที่ 5 ในกรณีที่ต้องคำนวณหาขนาดของกลุ่มย่อยจากการกำหนดขนาดความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับ ขนาดของกลุ่มย่อยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$n \approx \frac{(z_{\alpha/2} + z_{\beta})^2 \sigma^2}{\delta^2}$$

เมื่อ n คือ จำนวนขนาดของกลุ่มย่อย

$z_{\alpha/2}$ คือ ตำแหน่งที่ $100\alpha/2$ เปอร์เซ็นต์ไทล์ด้านบนของการกระจายตัวแบบปกติมาตรฐาน

z_{β} คือ ตำแหน่งที่ 100β เปอร์เซ็นต์ไทล์ด้านบนของการกระจายตัวแบบปกติมาตรฐาน

σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

δ คือ ขนาดความเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ต้องการตรวจจับ

α คือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I error)

β คือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 2 (Type II error)

b) กำหนดช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย โดยช่วงเวลาที่กำหนดต้องไม่ห่างกันจนเกินไปจนทำให้เกิดสาเหตุพิเศษขึ้นภายในกลุ่มย่อย และต้องไม่สั้นจนเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวคลาดเคลื่อน

c) กำหนดความถี่ของการสุ่มตัวอย่างของกลุ่มย่อยให้เพียงพอที่จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที

ในกรณีที่การเลือกขนาดของกลุ่มย่อยอยู่ในช่วง $2<n<10$ ความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยควรที่จะนำมาพิจารณาควบคู่กันไป เนื่องจากมีทางเลือกหลายทางในกำหนดขนาดและความถี่โดยที่ระยะเวลาเฉลี่ยในการส่งสัญญาณ (Average Time to Signal หรือ ATS) ใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถเลือกขนาดและความถี่ที่เหมาะสมที่สุดกับการใช้งานในทางปฏิบัติได้ ทั้งนี้การสร้างทางเลือกในการกำหนดขนาดและความถี่มีดังนี้

- กำหนดขนาดการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับและค่า ATS เป้าหมาย
- นำค่า ATS เป้าหมายมาหารด้วยค่า ARL_1 ที่ขนาดตัวอย่างต่างๆ ในคอลัมน์ที่ตรงกับขนาดการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับในตารางที่ 1 จะได้ความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยที่ให้ค่า ATS ที่เท่ากัน
- เลือกขนาดและความถี่ที่เหมาะสมที่สุดกับการใช้งานในทางปฏิบัติ

n	ARL1 ที่ Shift Size ต่างๆ ในหน่วยเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน															
	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
2	5.3	4.3	3.6	3.1	2.7	2.3	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1
3	2.9	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
4	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ตารางที่ 1 ค่า ARL_1 จากการกำหนดขนาดตัวอย่างที่การเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับต่างๆ

ตัวอย่าง

หากความเปลี่ยนแปลงที่ต้องการตรวจจับคือ 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่า ATS เป้าหมายคือ 8 ชั่วโมง ทางเลือกในการกำหนดขนาดและความถี่แสดงดังตารางที่ 2

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ความถี่	1.5	2.8	4.0	5.1	6.0	6.7	7.1	7.5	7.7

ตารางที่ 2 ความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยที่ $2<n<10$ สำหรับตรวจจับความเปลี่ยนแปลง 1.5σ และ ATS = 8 ชั่วโมง

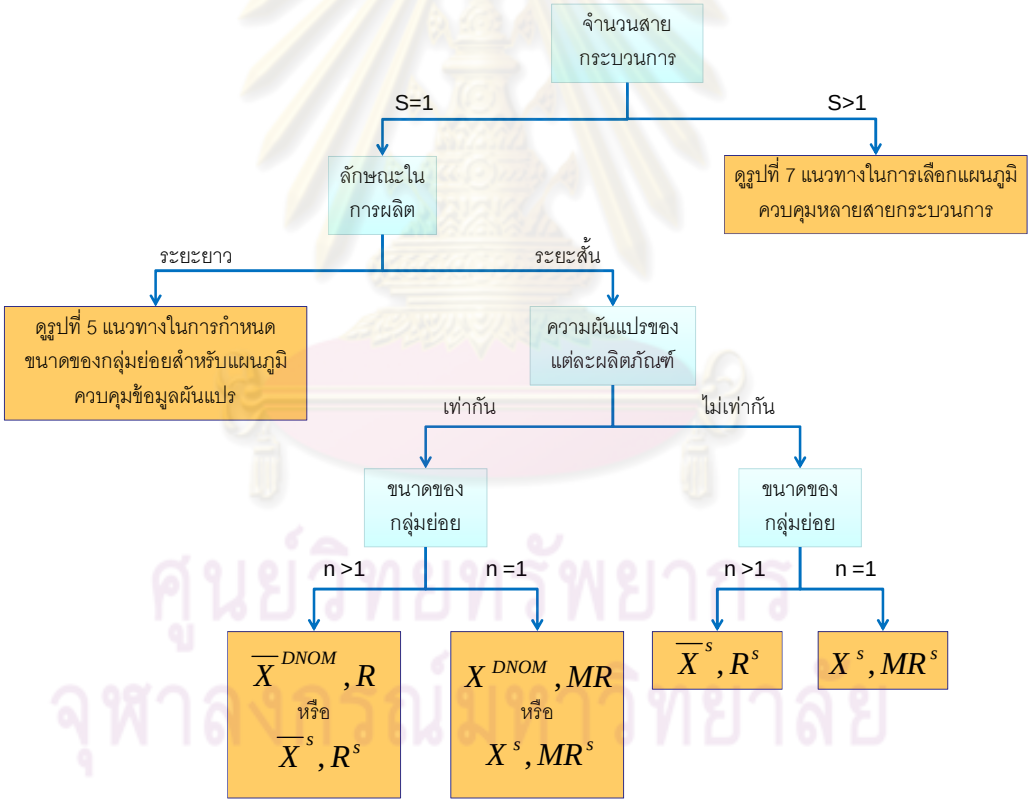
จากตารางที่ 2 ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถเลือกขนาดและความถี่ที่เหมาะสมที่สุดกับการใช้งานในทางปฏิบัติได้ เช่น เก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยขนาด 2 ตัวอย่างทุก 1.5 ชั่วโมง หรือ 4 ตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมงหรือ 6 ตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมง หรืออาจจะยอมที่จะให้ ATS ในทางปฏิบัติมีค่ามากกว่าเป้าหมายเล็กน้อยเพื่อที่จะเก็บข้อมูลเพียง 1 ครั้งทุก 8 ชั่วโมง เช่น หาก n = 9 และความถี่คือ 8 ชั่วโมง ATS จะมีค่าเท่ากับ 8.8 ชั่วโมง (ATS = ARLh, เมื่อ h คือความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย) ซึ่งมากกว่าค่า ATS เป้าหมาย 0.8 ชั่วโมงหรือ 10%

1.4 การบ่งชี้ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

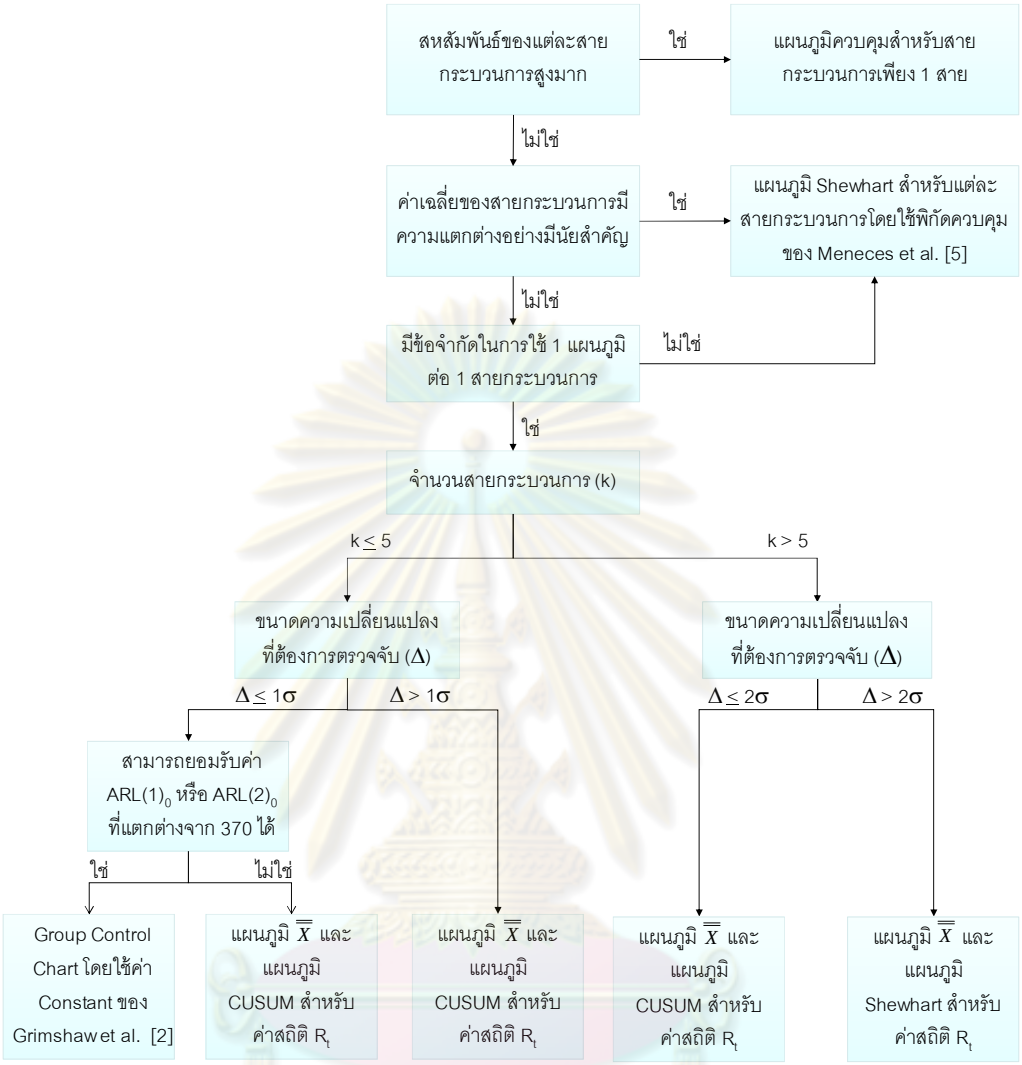
จัดทำบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (Process log) และบ่งชี้ข้อมูลที่คาดว่าจะมีผลต่อพารามิเตอร์ที่ควบคุมโดยใช้แผนภูมิสาเหตุและผลลัพธ์ และออกแบบใบตรวจสอบ (Check sheet) เพื่อเก็บข้อมูลเหล่านี้ควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูลของพารามิเตอร์ตั้งแต่เริ่มสร้างแผนภูมิควบคุม และนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

1.5 การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม

เลือกแผนภูมิควบคุมให้เหมาะสมกับชนิดของข้อมูลและคุณลักษณะของกระบวนการ โดยใช้แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมดังรูปที่ 5-7

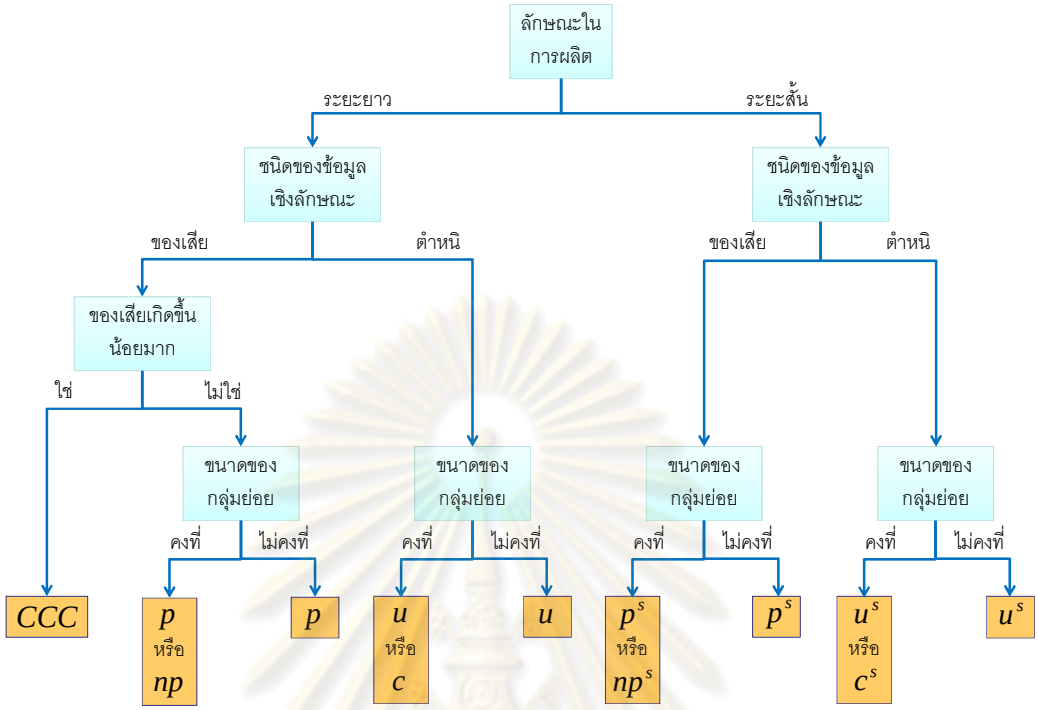


รูปที่ 6 แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร



รูปที่ 7 แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมหลายสายกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 แนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมข้อมูลเชิงลักษณะ

1.6 การออกแบบแผนภูมิควบคุม

1.6.1 ดำเนินการเก็บข้อมูลตามการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล

เก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยจำนวนอย่างน้อย 25 กลุ่มย่อย และมีจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 100 ตัว

1.6.2 คำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมและกำหนดเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุม

คำนวณเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมทดลองและนำค่าสถิติมาพล็อตลงบนแผนภูมิ โดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ หากจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมทดลอง หรือการวิ่งของจุดพล็อตไม่มีลักษณะเป็นแบบสุ่มแสดงว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม ในกรณีนี้ผู้ควบคุมกระบวนการจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม เมื่อสาเหตุพิเศษถูกค้นพบก็ต้องคำนวณเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมทดลองใหม่โดยไม่นำจุดพล็อตในช่วงที่มีสาเหตุพิเศษเกิดขึ้นมาคำนวณ และดำเนินการเช่นนี้ซ้ำๆ จนกว่าจุดพล็อตทั้งหมดอยู่ภายในพิกัดควบคุมและการวิ่งของจุดพล็อตมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติ เส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมสำหรับแต่แผนภูมิควบคุมแต่ละชนิดมีดังนี้

1.6.2.1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย $(\overline{X}, R)$

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย: $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

พิสัยของกลุ่มย่อย: $R = \max(x_i) - \min(x_i)$

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย: $\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j}{m}$

ค่าเฉลี่ยของพิสัย: $\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{m} R_j}{m}$

แผนภูมิค่าเฉลี่ย

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$

แผนภูมิพิสัย

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3\overline{R}$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยวภายในกลุ่มย่อย

n = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

A_2, D_3, D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}, s$)

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย: $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย: $\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j}{m}$

ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน: $\bar{s} = \frac{\sum_{j=1}^{m} s_j}{m}$

แผนภูมิค่าเฉลี่ย

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_3\bar{s}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_3\bar{s}$

แผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เส้นกึ่งกลาง: $CL_s = \bar{s}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_s = B_4\bar{s}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_s = B_3\bar{s}$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยวภายในกลุ่มย่อย

n = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

$A_3,\ B_3,\ B_4$ = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.3 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ (X, MR)

ค่าตัวอย่างเดี่ยว: x_i , $i = 1,...,n$

พิสัยเคลื่อนที่ $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$, $i = 2,...,n$

ค่าเฉลี่ย $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

ค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่ $\overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^{n} MR_i}{n-1}$

แผนภูมิตัวอย่างเดี่ยว

เส้นกึ่งกลาง: $CL_X = \overline{X}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_X = \overline{X} + E_2\overline{MR}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_X = \overline{X} - E_2\overline{MR}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิพิสัยเคลื่อนที่

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{MR} = \overline{MR}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{MR} = D_4\overline{MR}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{MR} = D_3\overline{MR}$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างเดี่ยว

E_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p)

สัดส่วนของเสียของกลุ่มย่อย: $p_i = \frac{D_i}{n_i}$, $i = 1,...,m$

ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสีย: $\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{m} D_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_p = \overline{p}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_p = \overline{p} + 3\frac{\sqrt{\overline{p}(1-\overline{p})}}{\sqrt{n_i}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_p = \overline{p} - 3\frac{\sqrt{\overline{p}(1-\overline{p})}}{\sqrt{n_i}}$

เมื่อ D_i = จำนวนของเสียภายในกลุ่มย่อย

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

1.6.2.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np)

จำนวนของเสียภายในกลุ่มย่อย: np_i , $i = 1,...,m$

ค่าเฉลี่ยจำนวนของเสีย $\overline{np} = \frac{\sum_{i=1}^{m} np_i}{m}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{np} = \overline{np}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{np} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{np} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ m = จำนวนของกลุ่มย่อย

1.6.2.6 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วย (u)

จำนวนตำหนิต่อหน่วย: $u_i = \frac{c_i}{n_i}$, $i = 1,...,m$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_u = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$

เมื่อ c_i = จำนวนตำหนิภายในกลุ่มย่อย

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

1.6.2.7 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ (c)

จำนวนตำหนิภายในกลุ่มย่อย: c_i , $i = 1,...,m$

ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิ: $\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_i}{m}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_c = \bar{c}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

เมื่อ m = จำนวนของกลุ่มย่อย

1.6.2.8 แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม ($CUSUM$)

ผลรวมสะสมด้านบน: $C_i^+ = \max[0, x_i - (\mu_0 + K) + C_{i-1}^+]$

ผลรวมสะสมด้านล่าง: $C_i^- = \min[0, x_i - (\mu_0 - K) + C_{i-1}^-]$

เส้นกึ่งกลาง $CL = 0$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิกัดควบคุมบน: $UCL = H$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -H$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยว

μ_0 = ค่าเป้าหมายสำหรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

โดย $K = k\sigma$ คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ $H = h\sigma$ คือ ความกว้างของพิกัดควบคุมเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Montgomery (2005) อ้างอิงจาก Hawkins (1993) ได้แสดงค่า k และ h สำหรับแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ให้ค่า ARL_0 เท่ากับ 370 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า k และ h สำหรับแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมที่ให้ค่า ARL_0 เท่ากับ 370

k	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
h	8.01	4.77	3.34	2.52	1.99	1.61

1.6.2.9 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียล ($EWMA$)

EWMA: $z_i = \lambda x_i + (1-\lambda)z_{i-1}$

เส้นกึ่งกลาง: μ_0

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}[1-(1-\lambda)^{2i}]}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}[1-(1-\lambda)^{2i}]}$

เมื่อ x_i = ค่าของตัวอย่างเดี่ยว

λ = ค่าถ่วงน้ำหนัก โดย $0 < \lambda < 1$

μ_0 = ค่าเป้าหมายสำหรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

L = ความกว้างของพิกัดควบคุม

σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

การกำหนดค่า L และ λ สามารถพิจารณาได้จากค่า ARL ในตารางที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ค่า ARL สำหรับแผนภูมิ EWMA ที่ค่า L และ λ ต่างๆ (Montgomery 2005 ดัดแปลงจาก Lucau และ Saccucci 1990)

Shift in Mean (Multiple of σ)	L = 3.054 λ = 0.40	2.998 0.25	2.962 0.20	2.814 0.10	2.615 0.05
0	500	500	500	500	500
0.25	224	170	150	106	84.1
0.50	71.2	48.2	41.8	31.3	28.8
0.75	28.4	20.1	18.2	15.9	16.4
1.00	14.3	11.1	10.5	10.3	11.4
1.50	5.9	5.5	5.5	6.1	7.1
2.00	3.5	3.6	3.7	4.4	5.2
2.50	2.5	2.7	2.9	3.4	4.2
3.00	2.0	2.3	2.4	2.9	3.5
4.00	1.4	1.7	1.9	2.2	2.7

1.6.2.10 แผนภูมิควบคุมนับสะสม (CCC)

จำนวนนับสะสม $CC_i = n_i + CC_{i-1}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = \frac{0.7}{\overline{p}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = -\frac{Ln(\alpha/2)}{\overline{p}}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \frac{(\alpha/2)}{\overline{p}}$

เมื่อ n_i = จำนวนตัวอย่างที่ไม่ใช่ของเสียในกลุ่มย่อย

α = ค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error)

$\overline{p}$ = ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสียของกระบวนการ

1.6.2.11 แผนภูมิ Shewhart สำหรับแต่ละสายกระบวนการโดยใช้พิกัดควบคุมของ Meneces et al. (2008)

การออกแบบแผนภูมิในกรณีนี้จะมีวิธีการคล้ายคลึงกับการออกแบบแผนภูมิ $\overline{X}-R$ $\overline{X}-s$ หรือ $X-MR$ แต่มีความแตกต่างในการกำหนดความกว้างของพิกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิ $\overline{X}$ และ X คือ

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \mu + L\sigma$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \mu - L\sigma$

โดยค่า L จะขึ้นอยู่กับจำนวนสายกระบวนการที่ควบคุมดังตารางที่ 5 ทั้งนี้การประมาณค่า σ สามารถประมาณได้จาก $\frac{\overline{R}}{d_2}$ หรือ $\frac{\bar{s}}{c_4}$ หรือ $\frac{\overline{MR}}{d_2}$ ในกรณีที่ใช้แผนภูมิ R หรือ s หรือ MR ตามลำดับ

จำนวนสายกระบวนการ k	ความกว้างของพิกัดควบคุม ในหน่วย s
1	3
2	3.2
5	3.46
10	3.64
20	3.82
50	4.04
100	4.2

ตารางที่ 5 ความกว้างของพิกัดควบคุมสำหรับการใช้แผนภูมิ Shewhart 1 แผนภูมิต่อ 1 สายกระบวนการ (Meneces et al., 2008)

1.6.2.12 แผนภูมิควบคุมกลุ่ม (GCC) โดยใช้ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม ของ Grimshaw et al. (1999)

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k:

$$\overline{X}_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ijk}}{n_{jk}} \quad , j = 1,...,m,\ k = 1,...,l$$

พิสัยของกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k:

$$R_{jk} = \max(x_i)_{jk} - \min(x_i)_{jk} \quad , j = 1,...,m,\ k = 1,...,l$$

ค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l}\overline{X}_{jk}}{m_k l}$$

พิสัยเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l}R_{jk}}{m_k l}$$

แผนภูมิ GCC $\overline{X}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2^*\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2^*\overline{R}$

แผนภูมิพิสัย GCC R

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4^*\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3^*\overline{R}$

เมื่อ x_{ijk} = ค่าของตัวอย่างเดี่ยว i ภายในกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k

n_{jk} = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยย่อย j จากสายกระบวนการ k

m_k = จำนวนของกลุ่มย่อยของสายกระบวนการ k

l = จำนวนของสายกระบวนการ

A_2^*, D_3^*, D_4^* = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุมกลุ่มของ Grimshaw et al. (1999) (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.13 แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิ Shewhart สำหรับค่าสถิติ R_t

ค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j:

$$\overline{\overline{X}}_j = \frac{\sum_{k=1}^{l}\overline{X}_{jk}}{l} \quad , j = 1,...,m$$

พิสัยค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j:

$$R_{tj} = \max(\overline{X}_k)_j - \min(\overline{X}_k)_j \quad , j = 1,...,m$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

$$\overline{\overline{\overline{X}}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{\overline{X}}_j}{m}$$

ค่าเฉลี่ยของพิสัยค่าเฉลี่ย

$$\overline{R}_t = \frac{\sum_{j=1}^{m} R_{tj}}{m}$$

แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{\overline{X}}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{\overline{X}}} + A_2\overline{R}_t$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{\overline{X}}} - A_2\overline{R}_t$

แผนภูมิ R_t

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}_t$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4\overline{R}_t$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3\overline{R}_t$

เมื่อ $\overline{X}_{jk}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย j จากสายกระบวนการ k

l = จำนวนของสายกระบวนการ

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

A_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.14 แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิ CUSUM สำหรับค่าสถิติ R_t

ค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j :

$$\overline{\overline{X}}_j = \frac{\sum_{k=1}^{l} \overline{X}_{jk}}{l} \quad , j = 1,...,m$$

ผลรวมสะสมด้านบน: $C_j^+ = \max[0, R_{tj}^* - (\mu_0 + K) + C_{j-1}^+]$

ผลรวมสะสมด้านล่าง: $C_i^- = \min[0, R_{tj}^* - (\mu_0 - K) + C_{i-1}^-]$

ค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มย่อยและทุกสายกระบวนการ:

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{\overline{X}}_j}{m}$$

แผนภูมิ $\overline{\overline{X}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}_t$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}_t$

แผนภูมิ CUSUM R_t^* (ในกรณีที่แปลงข้อมูล R_t ให้มีการกระจายตัวแบบปกติ)

เส้นกึ่งกลาง $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = H$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -H$

เมื่อ $\overline{\overline{X}}_j$ = ค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j

R_{tj}^* = พิสัยค่าเฉลี่ยจากทุกสายกระบวนการของกลุ่มย่อย j ที่ได้รับการแปลงให้มีการกระจายตัวแบบปกติ

μ_0 = ค่าเป้าหมายสำหรับค่า R_t^* ของกระบวนการ

โดย $K = k\sigma$ คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ $H = h\sigma$ คือ ความกว้างของพิกัดควบคุมเป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ดูตารางที่ 3)

1.6.2.15 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยโดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ($\overline{X}^{DNOM}, R$)

ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายเฉลี่ย: $\overline{X}_j^{DNOM} = \overline{X}_j - Nom_k$

ค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายเฉลี่ย:

$$\overline{\overline{X}}^{DNOM} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j^{DNOM}}{m}$$

แผนภูมิ $\overline{X}^{DNOM}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = \overline{\overline{X}}^{DNOM}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \overline{\overline{X}}^{DNOM} + A_2\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \overline{\overline{X}}^{DNOM} - A_2\overline{R}$

แผนภูมิ R

เส้นกึ่งกลาง: $CL_R = \overline{R}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_R = D_4\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_R = D_3\overline{R}$

เมื่อ $\overline{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มย่อย

m = จำนวนของกลุ่มย่อย

$\overline{R}$ = ค่าเฉลี่ยของพิสัย

A_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.16 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่โดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (X^{DNOM} , MR)

ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย: $X_i^{DNOM} = x_i - Nom_k$

ค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย: $\overline{X}_i^{DNOM} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} X_i^{DNOM}}{n}$

แผนภูมิ X^{DNOM}

เส้นกึ่งกลาง: $CL = \overline{X}_i^{DNOM}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = \overline{X}_i^{DNOM} + A_3\overline{R}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = \overline{X}_i^{DNOM} - A_3\overline{R}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิ MR

เส้นกึ่งกลาง: $CL_{MR} = \overline{MR}$

พิกัดควบคุมบน: $UCL_{MR} = D_4\overline{MR}$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL_{MR} = D_3\overline{MR}$

เมื่อ x_i = ค่าตัวอย่างเดี่ยว

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างเดี่ยว

n = จำนวนตัวอย่างเดี่ยว

$\overline{MR}$ = ค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่

A_3, D_3, D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.17 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยมาตรฐาน (Standardized $\overline{X}$, R)

ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน: $\overline{X}_j^s = \dfrac{\overline{X}_j - Nom_k}{\overline{R}_j}$

พิสัยมาตรฐาน $R_j^s = \dfrac{R_j}{\overline{R}_k}$

แผนภูมิค่าเฉลี่ยมาตรฐาน

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = A_2$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -A_2$

แผนภูมิพิสัยมาตรฐาน

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 1$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = D_4$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = D_3$

เมื่อ $\overline{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มย่อย

$\overline{R}_k$ = พิสัยเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.18 แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน (Standardized X, MR)

ค่าตัวอย่างเดี่ยวมาตรฐาน: $X_i^s = \frac{x_i - Nom_k}{\overline{MR}_k}$

พิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน: $MR_i^s = \frac{MR_i}{\overline{MR}_k}$

แผนภูมิค่าตัวอย่างเดี่ยวมาตรฐาน:

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = E_2$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -E_2$

แผนภูมิพิสัยเคลื่อนที่มาตรฐาน:

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 1$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = D_4$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = D_3$

เมื่อ x_i = ค่าตัวอย่างเดี่ยว

Nom_k = ค่าเป้าหมายสำหรับผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างเดี่ยว

MR_i = พิสัยเคลื่อนที่

$\overline{MR}_k$ = ค่าเป้าหมายของค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่สำหรับผลิตภัณฑ์

E_2 , D_3 , D_4 = ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม (ดูภาคผนวก ค)

1.6.2.19 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมาตรฐาน (Standardized p)

สัดส่วนของเสียมาตรฐาน: $p_i^s = \frac{p_i - \bar{p}_k}{\sqrt{\bar{p}_k(1-\bar{p}_k)/n_i}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ p_i = สัดส่วนของเสียของกลุ่มย่อย

$\overline{p}_k$ = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

1.6.2.20 แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียมาตรฐาน (Standardized np)

จำนวนของเสียมาตรฐาน: $$np_i^s = \frac{np_i - \overline{np}_k}{\sqrt{\overline{np}_k(1-\overline{p}_k)/n}}$$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ np_i = จำนวนของเสียภายในกลุ่มย่อย

$\overline{np}_k$ = ค่าเฉลี่ยจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์

$\overline{p}_k$ = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์

n = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

1.6.2.21 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยมาตรฐาน (Standardized u)

จำนวนตำหนิต่อหน่วยมาตรฐาน: $$u_i^s = \frac{u_i - \overline{u}_k}{\sqrt{\overline{u}_k / n_i}}$$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ u_i = จำนวนตำหนิต่อหน่วย

$\overline{u}_k$ = ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์

n_i = จำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6.2.22 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิมาตรฐาน (Standardized c)

จำนวนตำหนิมาตรฐาน: $c_i^s = \frac{c_i - \bar{c}_k}{\sqrt{\bar{c}_k}}$

เส้นกึ่งกลาง: $CL = 0$

พิกัดควบคุมบน: $UCL = 3$

พิกัดควบคุมล่าง: $LCL = -3$

เมื่อ c_i = จำนวนตำหนิภายในกลุ่มย่อย

$\bar{c}_k$ = ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิของผลิตภัณฑ์

1.6.3 พล็อตค่าสถิติที่ใช้ในการควบคุมลงบนแผนภูมิควบคุม

โดยทั่วไปการกำหนดมาตราส่วนของแกนตั้งในแผนภูมิ $\overline{X}$ ควรให้ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของแกนตั้งมีค่าอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของค่าความแตกต่างระหว่างค่า $\overline{X}$ ที่สูงที่สุดและค่า $\overline{X}$ ที่ต่ำที่สุด สำหรับแผนภูมิ R มาตราส่วนของแกนตั้งนั้นควรกำหนดให้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 และค่าสูงสุดควรเป็น 2 เท่าของค่าพิสัยที่สูงที่สุด นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมควรที่จะสามารถแสดงจุดพล็อตของกลุ่มย่อยที่ต่อเนื่องกันได้อย่างน้อย 25 กลุ่มย่อย (AIAG, 1995)

1.7 การกำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม

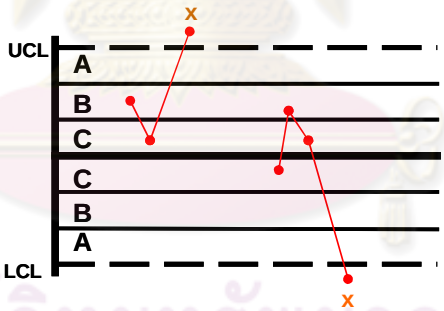
กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมโดยเลือกการทดสอบที่สอดคล้องกับคุณลักษณะของกระบวนการและแผนภูมิควบคุมจากตารางที่ 6 โดยเครื่องหมาย x แสดงถึงการทดสอบที่สามารถเลือกใช้ได้กับแผนภูมิควบคุมนั้นๆ ทั้งนี้การทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบพื้นฐานที่ต้องมีในทุกแผนภูมิโดยพิจารณาจุดพล็อตที่ออกนอกพิกัดควบคุม ส่วนการทดสอบที่ 2-8 เป็นการทดสอบเพิ่มเติม โดยทำการแบ่งพื้นที่จากเส้นกึ่งกลางจนถึงพิกัดควบคุมบนหรือพิกัดควบคุมล่างออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน คือ โซน A, โซน B และ โซน C แล้วพิจารณาการวิ่งของจุดพล็อตไม่มีลักษณะแบบสุ่ม

ตารางที่ 6 ทางเลือกในการทดสอบสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุม Shewhart

การทดสอบสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม	ข้อมูลผันแปร (Variables Data)					ข้อมูลเชิงลักษณะ (Attributes Data)			
	$\bar{X}$	R	s	X	MR	p	np	c	u
1) จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2) จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3) จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4) จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5) 2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน	x			x					
6) 4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน	x			x					
7) จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง	x			x					
8) จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง โดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C	x			x					

รายละเอียดของแต่ละการทดสอบมีดังนี้

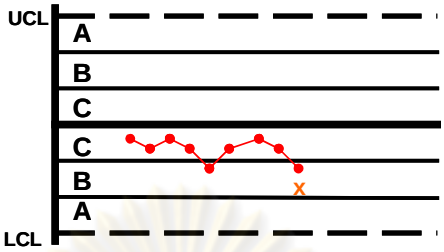
การทดสอบที่ 1: จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A



รูปที่ 9 จุดพล็อต 1 จุดเกินโซน A

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบพื้นฐานสำหรับแผนภูมิควบคุมทุกชนิดคือ เป็นการพิจารณาว่ามีจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่ สำหรับแผนภูมิค่าเฉลี่ยสัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยหรือเมื่อค่าความผันแปรของกระบวนการเพิ่มขึ้น แต่หากแผนภูมิ R หรือ s แสดงให้เห็นว่าความผันแปรของกระบวนการยังอยู่ในสภาวะควบคุมแสดงว่าค่าความผันแปรของกระบวนการไม่ได้เพิ่มขึ้น แต่กระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย สำหรับแผนภูมิ R หรือ s สัญญาณจะเกิดขึ้นเมื่อความผันแปรของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลง

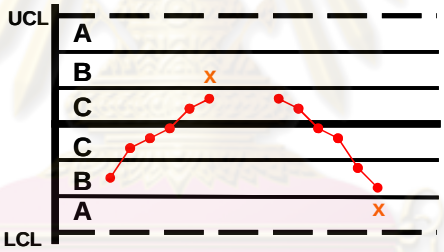
การทดสอบที่ 2: จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง



รูปที่ 10 จุดพล็อต 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปรของกระบวนการ โดยขึ้นอยู่กับค่าสถิติที่ใช้ในแผนภูมิควบคุมว่าเป็นค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปร

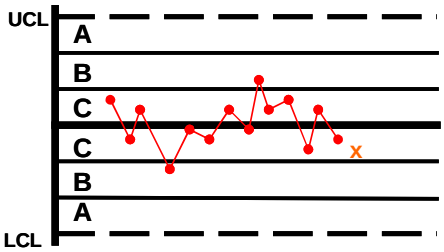
การทดสอบที่ 3: จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 11 จุดพล็อต 6 จุดมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปรของกระบวนการอย่างต่อเนื่องเป็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสถิติที่ใช้ในแผนภูมิควบคุมว่าเป็นค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปร โดยสาเหตุอาจเกิดจากความสึกหรอของเครื่องมือหรือเครื่องจักร การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารเคมีเมื่อเวลาผ่านไป ทักษะที่เพิ่มขึ้นของพนักงาน ฯลฯ

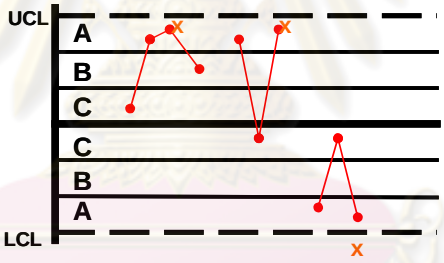
การทดสอบที่ 4: จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน



รูปที่ 12 จุดพล็อต 14 จุดต่อเนื่องมีการขึ้นลงสลับกัน

สัญญาณจากการทดสอบนี้มักจะเกิดจากการเก็บข้อมูลจากประชากรสองกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยหรือค่าความผันแปรที่แตกต่างกันสลับกันไป เช่น เก็บข้อมูลจาก 2 เครื่องจักร หรือจากพนักงาน 2 คน หรือวัตถุดิบจาก 2 ผู้ส่งมอบสลับกันไป

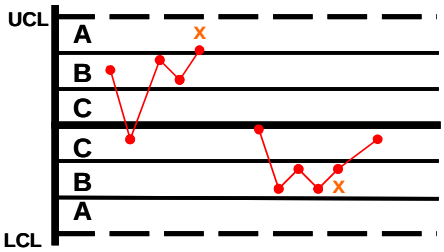
การทดสอบที่ 5: 2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน



รูปที่ 13 2 ใน 3 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน A หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การแจ้งเตือนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

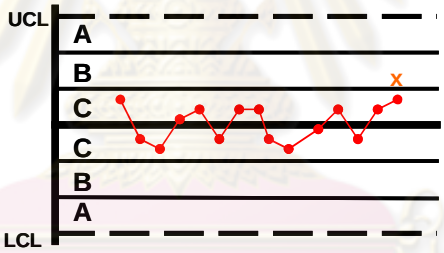
การทดสอบที่ 6: 4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน



รูปที่ 14 4 ใน 5 ของจุดพล็อตที่ต่อเนื่องกันอยู่ในโซน B หรือเกินกว่าในด้านเดียวกัน

สัญญาณจากการทดสอบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การแจ้งเตือนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

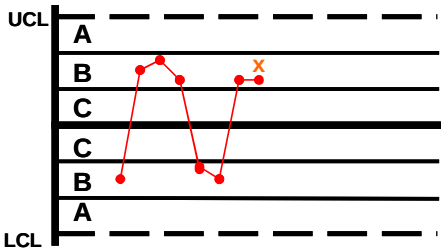
การทดสอบที่ 7: จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง



รูปที่ 15 จุดพล็อต 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ในโซน C ทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง

สัญญาณจากการทดสอบนี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ หรืออาจจะเกิดขึ้นจากความผิดพลาดในการคำนวณพิกัดควบคุมหรือการเปลี่ยนแปลงค่าความผันแปรของกระบวนการแต่ไม่ได้มีการทบทวนพิกัดควบคุม ทั้งนี้การเลือกตัวอย่างจากชั้นภูมิที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะทำให้การประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยสูงเกินไปทำให้พิกัดควบคุมที่ได้กว้างเกินไป

การทดสอบที่ 8: จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง โดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C



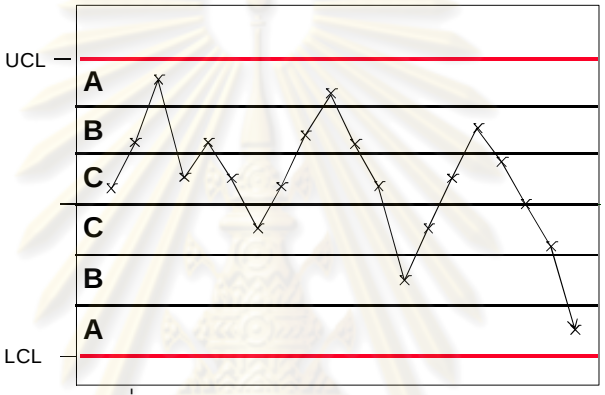
รูปที่ 16 จุดพล็อต 8 จุดต่อเนื่องกันทั้งด้านสูงและด้านต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง
โดยไม่มีจุดใดอยู่ในโซน C

สัญญาณจากการทดสอบนี้มักจะเกิดขึ้นจากการกำหนดกลุ่มย่อยที่มีการผสมกันจาก 2 สายกระบวนการโดยตัวอย่างภายในกลุ่มย่อยมาจากสายกระบวนการเดียวกัน แต่ระหว่างกลุ่มย่อยมาจากสายกระบวนการอีกสายที่มีความแตกต่างกันสลับกันไป

ข้อสังเกตุในการตีความแผนภูมิควบคุม

- การทดสอบที่ 1 หรือการพิจารณากระบวนการออกนอกการควบคุมเมื่อมีจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม นั้นสามารถใช้ได้กับแผนภูมิควบคุมทุกชนิด
- การทดสอบที่ 2-8 นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความไวต่อการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการให้กับแผนภูมิควบคุมมากขึ้น โดยโอกาสที่จะเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดในแต่ละการทดสอบนั้นมีค่าใกล้เคียงกับโอกาสที่จะเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดจากการทดสอบที่ 1
- จำนวนการทดสอบที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้แผนภูมิควบคุมสามารถที่จะตรวจจับสาเหตุพิเศษได้รวดเร็วขึ้น แต่ในขณะเดียวกันโอกาสที่จะพบการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน
- ในการใช้แผนภูมิควบคุมการทดสอบที่จำเป็นต้องมีคือการทดสอบที่ 1 ส่วนการทดสอบที่ 2-8 นั้นไม่จำเป็นต้องใช้ทุกชนิด แต่ควรพิจารณาการทดสอบที่เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการและผลได้ผลเสีย (Trade-off) ระหว่างประโยชน์จากตรวจจับสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมได้รวดเร็วขึ้นกับโอกาสเกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วการทดสอบที่ 1-4 นั้นเพียงพอที่จะตรวจจับสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นทั่วไปได้
- ในขั้นตอนการกำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผลและการกำหนดพิกัดควบคุมทดลอง ควรใช้การทดสอบที่ 7 และ 8 เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดในการกำหนดกลุ่มย่อยทั้งการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิและการเลือกตัวอย่างที่มีการผสมกัน

- การทดสอบที่ 1-8 นี้เป็นเพียงการทดสอบพื้นฐานเท่านั้น ดังนั้นถึงแม้ว่าจะไม่มีสัญญาณจากการทดสอบทั้ง 8 ข้อ แต่หากแผนภูมิควบคุมได้แสดงให้เห็นการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่มแล้ว ผู้ควบคุมกระบวนการก็ควรที่จะสรุปว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม และควรดำเนินการหาสาเหตุที่ทำให้การวิ่งของจุดพล็อตนั้นไม่เป็นแบบสุ่ม เช่นรูปที่ 17 กระบวนการมีลักษณะเป็นวัฏจักร แต่ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยการทดสอบทั้ง 8 ข้อ ในกรณีนี้ผู้ควบคุมกระบวนการควรค้นหาสาเหตุที่ทำให้กระบวนการมีลักษณะเป็นวัฏจักรและดำเนินการแก้ไข



รูปที่ 17 จุดพล็อตมีลักษณะเป็นวัฏจักร

1.8 **การกำหนดแนวปฏิบัติเมื่อจุดพล็อตออกนอกพิกัดควบคุม** (OCAP)

OCAP คือ ผังงาน (Flowchart) ที่ได้มีการกำหนดแนวทางไว้ เพื่อให้ผู้ที่มีหน้าที่ในการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม สามารถที่จะปฏิบัติตามซ้ำๆ ได้เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมในทุกกรณี OCAP มีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน คือ

1) ตัวกระตุ้น (Activators) เป็นตัวกำหนดสภาวะที่จะต้องเริ่มปฏิบัติตาม OCAP โดยใช้สัญญาณจากแผนภูมิควบคุมที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม
2) จุดตรวจสอบ (Checkpoints) เป็นการชี้แนะขั้นตอนให้ผู้ควบคุมกระบวนการดำเนินการค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม โดยผู้ควบคุมกระบวนการจะต้องดำเนินการตรวจสอบทีละขั้นตอนตามลำดับที่ได้กำหนดไว้
3) จุดสิ้นสุด (Terminators) เป็นการระบุการปฏิบัติเพื่อแก้ไขให้กระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะควบคุม รวมถึงการจัดทำบันทึกเพื่อให้ OCAP มีความเชื่อมโยงกับแผนภูมิควบคุม

การจัดทำ OCAP

เป้าหมายหลักของการจัดทำ OCAP คือ ให้ขั้นตอนปฏิบัติต่างๆ สามารถทำได้ง่ายและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ OCAP จำเป็นต้องถูกจัดทำขึ้นโดยทีมงานซึ่งเป็นตัวแทนจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายวิศวกร ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง ฯลฯ

ขั้นตอนในการจัดทำ OCAP มีดังนี้

1) กำหนดผู้ใช้ OCAP เพื่อจัดทำ OCAP ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน และให้การดำเนินการมีความชัดเจนและรวดเร็ว โดยส่วนใหญ่ผู้ใช้ OCAP จะเป็นพนักงานในสายการผลิตเพราะเป็นผู้ที่รู้ถึงสภาวะของกระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่และสามารถที่จะตอบสนองต่อการออกนอกการควบคุมของกระบวนการได้รวดเร็วหากได้รับการฝึกอบรมให้ใช้เครื่องมือในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม

2) กำหนดตัวกระตุ้นโดยใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ภายในสัญลักษณ์ของตัวกระตุ้นให้ตั้งคำถาม โดยใช้สัญญาณจากแผนภูมิควบคุมที่บ่งชี้ว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม เช่น จุดพล็อตในแผนภูมิ R ออกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่, จุดพล็อตในแผนภูมิ $\bar{x}$ ออกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่, การวิ่งของจุดพล็อตมีลักษณะไม่เป็นแบบสุ่มหรือไม่ เป็นต้น เพื่อตรวจสอบว่าเมื่อใดที่จะต้องเริ่มปฏิบัติตาม OCAP

3) กำหนดจุดตรวจสอบโดยใช้สัญลักษณ์เช่นเดียวกับสัญลักษณ์ของตัวกระตุ้นคือรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน แต่รายละเอียดภายในจะเป็นการกำหนดวิธีการตรวจสอบและคำถามเพื่อตรวจสอบหาสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุมซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของจุดพล็อตที่ผิดปกตินั้นๆ โดยคำตอบของคำถามควรมีเพียง 2 คำตอบคือ ใช่ หรือ ไม่ใช่ และวิธีการตรวจสอบที่กำหนดขึ้นจะต้องทำให้ผู้ใช้ OCAP สามารถปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว สัญลักษณ์ 1 รูปจะแทนการตรวจสอบ 1 ขั้นตอน ทั้งนี้จำนวนขั้นตอนการตรวจสอบที่จะถูกระบุไว้ใน OCAP จะขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวกระตุ้นและความซับซ้อนของกระบวนการ เพื่อให้การบ่งชี้วิธีการตรวจสอบมีประสิทธิภาพ ทีมงานควรใช้การวิเคราะห์สาเหตุและผลลัพธ์โดยใช้เครื่องมือ เช่น แผนภูมิสาเหตุและผลลัพธ์ โดยให้ตัวกระตุ้นเป็นผลลัพธ์และนำสาเหตุที่ได้จากการระดมสมองของทีมงานมาพิจารณาและกำหนดเป็นจุดตรวจสอบอย่างเป็นขั้นตอน ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP จำนวนจุดตรวจสอบนั้นไม่ควรมีจำนวนมากนัก แต่ควรกำหนดจุดตรวจสอบที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายและใช้เวลาไม่นาน และมีโอกาสสูงที่จะพบสาเหตุของปัญหา ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุที่ได้จากการระดมสมองในการเริ่มต้นสร้าง OCAP มักจะมีจำนวนมาก การกำหนดจุดตรวจสอบจำนวนมากจะทำให้ผู้ใช้ OCAP เสียเวลามากในการตรวจสอบและทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะออกนอกการควบคุมเป็นเวลานาน ปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การตรวจสอบมีความรวดเร็วคือการกำหนดลำดับการ

ตรวจสอบโดยให้สาเหตุที่มีโอกาสเกิดสูงได้รับการตรวจสอบก่อน ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP ลำดับการตรวจสอบจะกำหนดโดยอาศัยประสบการณ์และความคิดเห็นของทีมงาน จนกว่าจะมีข้อมูลของสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุม

4) กำหนดจุดสิ้นสุดโดยใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และระบุหมายเลขตามลำดับของจุดสิ้นสุดนั้นๆ ภายในจุดสิ้นสุดให้ระบุขั้นตอนการปฏิบัติต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาเพื่อให้กระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะควบคุม ตลอดจนวิธีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นเช่น รายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการตาม OCAP และหมายเลขของจุดสิ้นสุดเพื่อให้ทราบถึงแนวทางตาม OCAP ที่ใช้, สาเหตุของปัญหาที่พบ, ข้อสังเกตอื่นๆ เป็นต้น ที่จุดตรวจสอบลำดับสุดท้ายให้กำหนดจุดสิ้นสุดลำดับสุดท้าย ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อ (Punt terminator) โดยเป็นการส่งต่อความรับผิดชอบจากผู้ใช้ OCAP ไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ในระดับที่สูงขึ้น เช่น วิศวกร หัวหน้าสายการผลิต (Supervisor) เพื่อให้ดำเนินการค้นหาสาเหตุต่อไปในกรณีที่ผู้ใช้ OCAP ได้ดำเนินการตามจุดตรวจสอบทุกจุดแล้วแต่ยังไม่พบสาเหตุที่กระบวนการออกนอกการควบคุม

การทบทวน OCAP

OCAP ที่ถูกจัดทำขึ้นควรได้รับการทบทวนเป็นประจำควบคู่ไปกับแผนภูมิควบคุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาและแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม การใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนของตัวกระตุ้น จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้สามารถนำไปสู่การปรับปรุงต่างๆ ได้ดังนี้

- กำจัดสาเหตุพิเศษที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง: ข้อมูลจากแผนภูมิพาเรโตจะชี้ให้เห็นจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้อยู่บ่อยครั้ง ทำให้ทีมงานสามารถจัดลำดับในการดำเนินการกำจัดสาเหตุที่ทำให้กระบวนการออกนอกการควบคุมได้ ทั้งนี้ทีมงานสามารถตรวจสอบผลจากการกำจัดสาเหตุใดๆ ได้จากการลดลงของจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่เคยเกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นๆ เมื่อผลจากการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าสาเหตุนั้นได้ถูกกำจัดออกไปแล้ว ก็ควรที่จะนำจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดนั้นออกจาก OCAP
- ปรับเปลี่ยนลำดับของจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุด: ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP ลำดับของจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดถูกกำหนดโดยประสบการณ์และความคิดเห็นของทีมงาน ทำให้ OCAP นั้นอาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก จึงควรมีการจัดลำดับใหม่โดยนำข้อมูลจากแผนภูมิพาเรโตมาพิจารณาเพื่อให้จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้บ่อยที่สุดอยู่ในลำดับที่ 1 และจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้บ่อยในลำดับถัดมาอยู่ลำดับที่ 2 และ 3 ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ ส่วนจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดที่แทบจะไม่ได้ถูกใช้หรือไม่ถูกใช้เลยก็ควรที่จะถูกนำออกจาก

OCAP หากจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อถูกใช้อยู่บ่อยครั้ง ทีมงานควรทำการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้แผนภูมิพาเรโตกับข้อมูลการปฏิบัติเมื่อจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อถูกใช้ หากวิธีการปฏิบัตินั้นถูกใช้เป็นประจำสำหรับจุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อ ก็ควรนำวิธีการปฏิบัตินั้นมาระบุเป็นจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุด

- ปรับปรุงการกำหนดสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม: หากตัวกระตุ้นที่เป็นการพิจารณาการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่มไม่ได้ถูกใช้หรือมีเพียงการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเท่านั้น ก็ควรที่จะนำตัวกระตุ้นนั้นออกจาก OCAP และหากแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นลักษณะการวิ่งของจุดพล็อตที่ไม่มีลักษณะแบบสุ่มบ่อยครั้ง และทีมงานได้ดำเนินการค้นหาสาเหตุและพิจารณาแล้วว่ามีสาเหตุพิเศษเกิดขึ้นจริงก็ควรนำข้อพิจารณานี้มาจัดทำตัวกระตุ้น จุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุด
- ฝึกอบรมผู้ใช้ OCAP เพื่อให้รองรับการปฏิบัติตามขั้นตอน OCAP ที่เพิ่มขึ้นได้: ในตอนเริ่มต้นจัดทำ OCAP ผู้ใช้อาจจะยังไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่ทางทีมงานจัดทำขึ้นได้ทั้งหมด ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดการส่งต่อการดำเนินการตาม OCAP ทำให้เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ข้อมูลการจัดลำดับความถี่ของการใช้งานจุดตรวจสอบและจุดสิ้นสุดในแผนภูมิพาเรโต จะช่วยให้ทีมงานสามารถจัดลำดับความสำคัญในการฝึกอบรมเพื่อให้ผู้ใช้ OCAP สามารถปฏิบัติตามขั้นตอน OCAP ที่เพิ่มขึ้นได้

ข้อสังเกตในการใช้งาน OCAP

- การใช้ OCAP ควรเกิดขึ้นในทุกกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุม หากมีกรณีที่ OCAP ไม่ถูกใช้งานเกิดขึ้น อาจแสดงให้เห็นว่า OCAP ยังคงมีความซับซ้อนหรือขาดประสิทธิภาพทำให้ผู้ใช้ละเลยต่อการใช้ OCAP ทั้งนี้เป็นหน้าที่ของทีมงานที่จะจัดทำ OCAP ให้มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการปฏิบัติ
- หมายเลขของจุดสิ้นสุดที่ถูกใช้ควรมีค่าน้อย ในอุดมคติหมายเลขจุดสิ้นสุดที่ควรถูกใช้มากที่สุด คือ 1 และหมายเลขถัดมาคือ 2 ตามลำดับไปเรื่อยๆ
- การใช้จุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อควรลดลงหรือไม่เกิดขึ้น เพราะการใช้จุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหาเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมยังคงล่าช้าและทีมงานยังต้องศึกษาและทำความเข้าใจกับกระบวนการเพิ่มเติม ทั้งนี้ OCAP ที่มีความเสถียรจะมีการใช้จุดสิ้นสุดที่เป็นการส่งต่อน้อยกว่า 10%
- ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาตาม OCAP ควรลดลงอย่างต่อเนื่อง จากการที่ OCAP ได้รับการทบทวนและปรับปรุง

- สมรรถนะของผู้ใช้ OCAP ควรเพิ่มขึ้นโดยผู้ใช้ OCAP ควรที่จำสามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ของ OCAP ได้ทั้งหมด

- เปอร์เซ็นของจุดพล็อตที่ออกนอกการควบคุมควรลดลงซึ่งเป็นผลจากการกำจัดสาเหตุพิเศษทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมมากขึ้น

1.9 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ

นำข้อมูลที่ใช้ในการพล็อตแผนภูมิควบคุมมาศึกษาความสามารถของกระบวนการโดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยในการคำนวณ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบและเลือกการกระจายตัวของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณดัชนีความสามารถของกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณดัชนีความสามารถของกระบวนการหรือค่าวัดความสามารถของกระบวนการต่างๆ ดังตารางที่ 7 และ 8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ดัชนีความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลผันแปร

ความสามารถของกระบวนการภายใน (Within Capability)	**ความสามารถของกระบวนการโดยรวม** (Overall Capability)
$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{within}}$	$P_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{overall}}$
$C_{pu} = \frac{USL - \overline{X}}{3\hat{\sigma}_{within}}$	$P_{pu} = \frac{USL - \overline{X}}{3\hat{\sigma}_{overall}}$
$C_{pl} = \frac{\overline{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{within}}$	$P_{pl} = \frac{\overline{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{overall}}$
$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$	$P_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$
$Z_{USL(within)} = \frac{USL - \overline{X}}{\hat{\sigma}_{within}}$	$Z_{USL(overall)} = \frac{USL - \overline{X}}{\hat{\sigma}_{within}}$
$Z_{LSL(within)} = \frac{\overline{X} - LSL}{\hat{\sigma}_{within}}$	$Z_{LSL(overall)} = \frac{\overline{X} - LSL}{\hat{\sigma}_{within}}$
$Z_{Bench(within)} = \Phi^{-1}(1 - P_1 - P_2)$ เมื่อ $P_1 = 1 - \Phi(Z_{LSL(within)})$ $P_2 = 1 - \Phi(Z_{USL(within)})$	$Z_{Bench(overall)} = \Phi^{-1}(1 - P_1 - P_2)$ เมื่อ $P_1 = 1 - \Phi(Z_{LSL(overall)})$ $P_2 = 1 - \Phi(Z_{USL(overall)})$

ความหมายของดัชนีความสามารถของกระบวนการและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในตารางที่ 7 มีดังนี้

C_p = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในเมื่อกระบวนการอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

C_{pu} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในด้านบน

C_{pl} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในด้านล่าง

C_{pk} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการภายในเมื่อกระบวนการไม่อยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

P_p = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมเมื่อกระบวนการอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

P_{pu} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านบน

P_{pl} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านล่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P_{pk} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยรวมเมื่อกระบวนการไม่อยู่ที่กึ่งกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง

$Z_{USL(within)}$ = ความสามารถของกระบวนการภายในด้านบนในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{LSL(within)}$ = ความสามารถของกระบวนการภายในด้านล่างในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{Bench(within)}$ = ความสามารถของกระบวนการภายในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{USL(overall)}$ = ความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านบนในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{LSL(overall)}$ = ความสามารถของกระบวนการโดยรวมด้านบนในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{Bench(overall)}$ = ความสามารถของกระบวนการโดยรวมในหน่วยของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

USL = พิกัดข้อกำหนดบน

LSL = พิกัดข้อกำหนดล่าง

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

$\hat{\sigma}_{within}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในของกระบวนการ

$\hat{\sigma}_{overall}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของกระบวนการ

$\Phi(X)$ = ค่าความน่าจะเป็นของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$\Phi^{-1}(X)$ = การผกผันฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

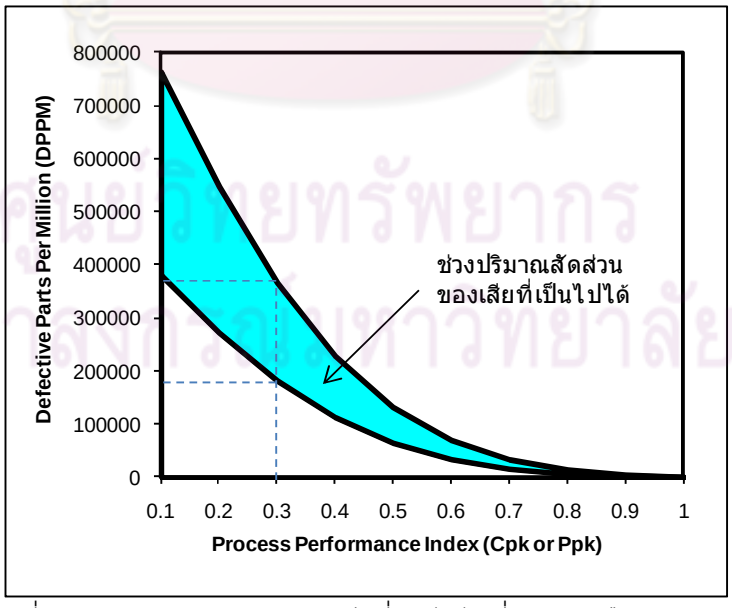
ตารางที่ 8 ค่าวัดความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ

	ค่าวัดความสามารถของกระบวนการ
ข้อมูลจำนวนของเสีย	ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสีย $\bar{p} = \frac{D_{total}}{N}$ เมื่อ D_{total} = จำนวนของเสียทั้งหมด N = จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบทั้งหมด
	% ของเสีย % Defective = 100 x $\bar{p}$
	จำนวนของเสียต่อ 1 ล้านชิ้น PPM Defective = 1,000,000 x $\bar{p}$
	ความสามารถของกระบวนการในระดับซิกม่า Process Z = $-1 \times \Phi^{-1}(\bar{p})$ เมื่อ $\Phi^{-1}(X)$ = การผกผันฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน
ข้อมูลจำนวนตำหนิ	ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อกลุ่มตัวอย่าง Mean Defect = $\frac{d_{total}}{N_s}$ เมื่อ d_{total} = จำนวนตำหนิทั้งหมด N_s = จำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อกลุ่มตัวอย่างนี้สามารถคำนวณได้เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดคงที่เท่านั้น
	ค่าเฉลี่ยจำนวนตำหนิต่อหน่วย Mean DPU = $\frac{d_{total}}{N_{total}}$ เมื่อ d_{total} = จำนวนตำหนิทั้งหมด N_s = ผลรวมของขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

จากตารางที่ 7 ตัวแปรสำคัญที่แยกความแตกต่างระหว่างความสามารถของกระบวนการภายในและความสามารถของกระบวนการโดยรวมก็คือ $\hat{\sigma}_{within}$ และ $\hat{\sigma}_{overall}$ ในกรณีที่มีการเก็บ

ข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยการคำนวณหาค่า $\hat{\sigma}_{within}$ จะมีวิธีการในการคำนวณ 3 แบบคือ วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม วิธีค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยของกลุ่มย่อย และวิธีค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย ทั้งนี้วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมจะมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative efficiency) สูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ในกรณีที่เป็นการเก็บข้อมูลแบบตัวอย่างเดี่ยว การคำนวณค่า $\hat{\sigma}_{within}$ มี 3 วิธีคือ วิธีค่าเฉลี่ยของพิสัยเคลื่อนที่ วิธีค่ามัธยฐานของพิสัยเคลื่อนที่ และวิธีรากที่สองของค่าเฉลี่ย MSSD (Mean Squared Successive Differences) สำหรับการคำนวณค่า $\hat{\sigma}_{overall}$ จะเป็นการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมดซึ่งจะรวมความผันแปรทั้งภายในและระหว่างกลุ่มย่อย

ในกรณีที่ความสามารถของกระบวนการต่ำ การใช้ค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ในการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการจะสามารถก่อให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปริมาณสัดส่วนของเสียของกระบวนการได้ เพราะค่า C_{pk} และ P_{pk} นั้นพิจารณาสัดส่วนของเสียจากพิกัดข้อกำหนดเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น จากรูปที่ 18 หากกระบวนการมีค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ที่ 0.3 ปริมาณสัดส่วนของเสียที่เป็นไปได้จะอยู่ในช่วง 184,060 ถึง 368,120 DPPM ซึ่งมีค่าแตกต่างกันมาก ดังนั้นในกรณีนี้ควรใช้ค่า Z_{Bench} ในการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการจะสื่อถึงปริมาณสัดส่วนของเสียได้แม่นยำกว่าเพราะค่า Z_{Bench} นั้นพิจารณาสัดส่วนของเสียจากพิกัดข้อกำหนดทั้งสองด้าน



รูปที่ 18 ช่วงปริมาณสัดส่วนของเสียที่เป็นไปได้ที่ค่า C_{pk} หรือ P_{pk} ต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ผลการศึกษาและกำหนดแนวปฏิบัติ

หากกระบวนการที่นำมาศึกษาความสามารถของกระบวนการไม่มีความเสถียร ความแตกต่างระหว่างค่า Cpk กับ Ppk หรือ $Z_{Bench(within)}$ กับ $Z_{Bench(overall)}$ ที่ได้ควรถูกนำมาใช้เป็นเป้าหมายและโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการ โดยใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือค้นหาและกำจัดสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการออกนอกสภาวะควบคุม สำหรับกระบวนการที่มีความเสถียร ผลการศึกษาความสามารถของกระบวนการสามารถกำหนดแนวปฏิบัติได้ 4 แบบคือ

1) ยังไม่ปฏิบัติการใดๆ กับกระบวนการ หากความสามารถของกระบวนการมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมายผู้ควบคุมกระบวนการก็สามารถตัดสินใจที่จะยังไม่ดำเนินการใดๆ กับกระบวนการนั้นๆ เพื่อที่จะสามารถไปดำเนินการกับงานอื่นๆ ที่มีลำดับความสำคัญมากกว่าได้

2) ปรับตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการ หากความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย และตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการไม่อยู่ตรงกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่าง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากความแตกต่างระหว่างค่า C_p กับค่า C_{pk} หรือในกรณีที่มีพิกัดควบคุมด้านเดียวแต่ตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการอยู่ใกล้กับพิกัดข้อกำหนดจนทำให้ค่าของชิ้นงานมีโอกาสที่จะออกนอกพิกัดข้อกำหนดได้สูง ก็ต้องปรับตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการให้มีค่าใกล้เคียงกับค่ากลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดบนและล่างให้มากที่สุดในกรณีที่มีพิกัดควบคุมสองด้าน หรือปรับตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการให้ห่างจากพิกัดข้อกำหนดให้มากที่สุดในกรณีที่มีพิกัดควบคุมด้านเดียว

3) ลดความผันแปรของกระบวนการ โดยทั่วไปแล้วการลดความผันแปรของกระบวนการจะมีความซับซ้อนมากกว่าการปรับตำแหน่งของกระบวนการ อย่างไรก็ตามในกรณีที่แม้ว่าตำแหน่งกึ่งกลางของกระบวนการจะอยู่ตรงกลางระหว่างพิกัดข้อกำหนดแล้วแต่ความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ก็จำเป็นที่จะต้องลดความผันแปรของกระบวนการลง โดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment หรือ DOE) ที่มีตัวแปรตามเป็นค่าความผันแปร รวมไปถึงการออกแบบเครื่องจักร หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ใหม่

4) ปรับเปลี่ยนพิกัดข้อกำหนด ในบางกรณีพิกัดข้อกำหนดอาจถูกกำหนดโดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดของเทคโนโลยีหรือความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการควบคุมกระบวนการ ในกรณีนี้ผู้ผลิตก็จำเป็นต้องทำการปรับเปลี่ยนพิกัดข้อกำหนดให้มีความเหมาะสม อย่างไรก็ตามแนวปฏิบัตินี้ควรใช้เป็นทางเลือกสุดท้ายในกรณีที่พิกัดข้อกำหนดไม่มีความเหมาะสมและไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการดำเนินการตามแนวปฏิบัติทั้ง 3 ข้อเท่านั้น

1.10 การทบทวนพิกัดควบคุม

เพื่อให้การใช้แผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมควรได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ โดยอาจกำหนดการทบทวนเป็นช่วงเวลาหรือตามจำนวนของกลุ่มย่อย เช่น ทุกเดือนหรือทุกไตรมาส หรือทุกๆ 25, 50, หรือ 100 กลุ่มย่อย เป็นต้น ทั้งนี้การกำหนดช่วงเวลาหรือจำนวนของกลุ่มย่อยในการทบทวนที่เหมาะสมนั้นผู้ควบคุมกระบวนการควรพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการ อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนเส้นกึ่งกลางและพิกัดควบคุมนั้นไม่ควรเป็นการปรับเปลี่ยนที่เกิดขึ้นจากจากสาเหตุพิเศษ หรือปรับเปลี่ยนโดยไม่มีการค้นหาสาเหตุพิเศษที่ทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลง

2 การสนับสนุนการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผล

2.1.1 การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร

ผู้บริหารพึงดำเนินการสนันสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมโดยการ

- กำหนดนโยบายและเป้าหมายกับในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม
- มอบอำนาจให้กับพนักงานระดับล่างให้สามารถดำเนินการควบคุมกระบวนการทางสถิติตลอดจนวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและดำเนินการแก้ไขปัญหาได้
- สนับสนุนทรัพยากรที่เพียงพอในการในการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ
- ทบทวนผลการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติอย่างสม่ำเสมอ
- สนับสนุนให้มีการฝึกอบรมที่ครอบคลุมและเหมาะสมกับพนักงานแต่ละกลุ่มทั้งโรงงาน

2.1.2 การจัดตั้งทีมงาน

ควรดำเนินการจัดตั้งทีมงาน 2 ระดับคือ

1) ทีมงานระดับคณะกรรมการ ประกอบไปด้วยผู้จัดการแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ทำหน้าที่สนับสนุน ให้วิธีการ กำกับดูแล ตรวจประเมินและรายงานสถานะการใช้งานแผนภูมิควบคุมของโรงงานของต่อฝ่ายบริหาร

2) ทีมงานระดับปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยวิศวกร หัวหน้าสายการผลิต ช่างเทคนิคและพนักงานฝ่ายผลิต ทำหน้าที่ใช้งานแผนภูมิควบคุมในสายการผลิตกระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบอยู่ในสภาวะควบคุม

2.1.3 การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ

การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบต้องมีความชัดเจนและครอบคลุมการดำเนินการในการใช้งานแผนภูมิควบคุมทั้งในด้านขั้นตอนการดำเนินการ การสนับสนุน และการตรวจประเมิน จึงควรมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบทั้งในระดับกลุ่ม และเป็นรายบุคคล โดยในระดับกลุ่มเป็น

การกำหนดหน้าที่โดยทั่วไปของผู้บริหาร และพนักงานแต่ละกลุ่ม เพื่อให้การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมทุกส่วนทุกขั้นตอนมีผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน ทั้งนี้หน้าที่ความรับผิดชอบในระดับกลุ่มนี้จำเป็นต้องได้รับการระบุไว้ในเอกสารการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม สำหรับการกำหนดหน้าที่ในระดับรายบุคคลเป็นการระบุผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุมใดแผนภูมิหนึ่ง เพื่อให้การใช้งานแผนภูมิควบคุมในระดับปฏิบัติการมีความชัดเจน โดยแต่ละแผนภูมิควบคุมต้องมีการระบุชื่อทีมงานและผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานแผนภูมิควบคุมนั้นๆ

2.1.4 การจัดทำเอกสาร

รูปแบบการจัดทำเอกสารการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมควรสอดคล้องกับระบบเอกสารของระบบคุณภาพขององค์กร และจัดทำให้ครอบคลุมหัวข้อการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างมีประสิทธิผลทั้งหมดคือ ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

2.1.5 การฝึกอบรม

หลักสูตรในการฝึกอบรมต้องถูกออกแบบให้ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม และเหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงานแต่ละกลุ่ม โดยเนื้อการฝึกอบรมพนักงานผ่ายผลิตไม่ควรเป็นเนื้อหาทางเทคนิค แต่ควรเป็นเนื้อหาที่เข้าใจง่าย และมุ่งเน้นที่การเก็บข้อมูล การใช้งานและตีความแผนภูมิควบคุม รวมถึงการปฏิบัติเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ทั้งนี้การฝึกอบรมควรเริ่มต้นจากระดับผู้บริหารระดับสูงเป็นลำดับแรก เพื่อให้ผู้บริหารระดับสูงมีความเข้าใจและสนับสนุนการดำเนินการและขยายการฝึกอบรมไปตามลำดับชั้นขององค์กรจนถึงพนักงานในระดับปฏิบัติการ (Operator) และควรมีการประเมินผลการฝึกอบรมและวิเคราะห์ผลที่ได้เพื่อนำไปปรับปรุงหลักสูตรและแผนการฝึกอบรม

2.1.6 การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้ครอบคลุมขั้นตอนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น และช่วยป้องกันหรือลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ และทำให้การดำเนินการและการค้นหาสาเหตุเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมทำได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น

3 การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุมแสดงดังตารางที่ 9 โดยการตรวจประเมินแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการตรวจประเมินการสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยมีหัวข้อในการตรวจประเมิน คือ ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร หน้าที่ความรับผิดชอบ การจัดทำเอกสาร ทีมงาน การฝึกอบรม ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนที่ 2 เป็นการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมตามแนวทางในการ 11 ขั้นตอน และส่วนที่ 3 เป็นการตรวจประเมินผลลัพธ์จากการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนในการตรวจประเมินมีดังนี้

คะแนนเท่ากับ 1 คือ ไม่มีการดำเนินการในหัวข้อนั้นๆ

คะแนนเท่ากับ 2 คือ มีการดำเนินการในหัวข้อนั้นๆ แต่การปฏิบัติหรือการจัดทำเอกสารหรือบันทึกที่เกี่ยวข้องยังไม่ครบถ้วนหรือมีการละเลย

คะแนนเท่ากับ 3 คือ มีการปฏิบัติหรือการจัดทำเอกสารหรือบันทึกที่เกี่ยวข้องในหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างดีและมีความครบถ้วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
1 การสนับสนุนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม				
1.1 ความร่วมมือจากฝ่ายบริหาร				
1.1.1	ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการให้นโยบาย กำหนดเป้าหมาย ในการใช้งานแผนภูมิควบคุม			
1.1.2	ฝ่ายบริหารให้ทรัพยากรที่เพียงพอในการใช้งานแผนภูมิควบคุม และสนับสนุนให้พนักงานได้รับการฝึกอบรมที่จำเป็น ตลอดจนสนับสนุนให้มีการตอบสนองเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมโดยปราศจากการลงโทษพนักงาน			
1.1.3	ฝ่ายบริหารมีส่วนร่วมในการทบทวนผลการใช้งานแผนภูมิควบคุมและให้แนวทางในการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ			
1.2 หน้าที่ความรับผิดชอบ				
1.2.1	มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้กับแต่ละกลุ่มหรือแต่ละบุคคลอย่างชัดเจนและมีการระบุไว้ในเอกสาร			
1.2.2	บทบาทหน้าที่ที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม			
1.2.3	พนักงานแต่ละกลุ่มเข้าใจหน้าที่ความรับผิดชอบของตนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนผลกระทบจากหน้าที่ความรับผิดชอบของตนที่มีต่อภาพรวม			
1.3 การจัดทำเอกสาร				
1.3.1	มีการจัดทำแนวทางหรือกระบวนการในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร			
1.3.2	แนวทางหรือกระบวนการที่กำหนดขึ้นมีความครอบคลุมการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมในทางปฏิบัติ			
1.3.3	พนักงานแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจและปฏิบัติตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้			
1.3.4	แนวทางในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิได้รับการทบทวน และปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอ			
1.4 ทีมงาน				
1.4.1	มีการจัดตั้ง และกำหนดบทบาทหน้าที่ของทีมงานระดับคณะกรรมการเพื่อสนับสนุน กำกับดูแล และรายงานสถานะและผลการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งาน			
1.4.2	มีการจัดตั้งทีมงานในระดับปฏิบัติการเพื่อดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมกับกระบวนการที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบ			
1.5 การฝึกอบรม				
1.5.1	มีการจัดทำเป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรม			
1.5.2	มีการกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับผู้บริหารและพนักงานทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม			
1.5.3	หลักสูตรการฝึกอบรมของผู้บริหารและพนักงานแต่ละกลุ่มได้รับการออกแบบให้มีความแตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละกลุ่ม			
1.5.4	เนื้อหาในการฝึกอบรมมีความครอบคลุมกับการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละกลุ่ม			
1.5.5	มีการจัดการฝึกอบรมตามแผนงานที่ได้วางไว้			
1.5.6	เป้าหมายและแผนงานในการฝึกอบรมได้รับการทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง และมีการแก้ไขและปรับปรุงการจัดการฝึกอบรมในกรณีที่การฝึกอบรมไม่เป็นไปตามเป้าหมาย			

ตารางที่ 9 รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
1.6	**ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ**			
1.6.1	มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยในการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม เช่น การเก็บข้อมูล การคำนวณค่าสถิติและพิกัดควบคุม การพล็อตแผนภูมิควบคุม การแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			
1.6.2	มีการพัฒนาและปรับปรุงระบบสารสนเทศ ให้มีความครอบคลุมกระบวนการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมมากขึ้น ตลอดจนช่วยป้องกันหรือลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการได้			
2	**การดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
2.1	**การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม**			
2.1.1	มีการจัดทำแนวทางในการเลือกกระบวนการและพารามิเตอร์ที่จะใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเอกสาร			
2.1.2	กระบวนการและพารามิเตอร์ที่มีการใช้แผนภูมิควบคุมได้ถูกเลือกอย่างเหมาะสม			
2.1.3	การใช้แผนภูมิควบคุมมีลักษณะเป็นการดำเนินการเป็นโครงการ			
2.2	**การวิเคราะห์ระบบการวัด**			
2.2.1	มีการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผนภูมิควบคุม และดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างเหมาะสมในกรณีที่จำเป็น			
2.3	**การพิจารณากำหนดกลุ่มย่อยอย่างมีเหตุผล**			
2.3.1	กลุ่มย่อยที่กำหนดขึ้นสามารถสะท้อนสภาวะของกระบวนการและพารามิเตอร์ที่ต้องการควบคุมได้			
2.3.2	ความผันแปรภายในกลุ่มย่อยไม่รวมความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษ			
2.3.3	ขนาดและความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมและสามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุพิเศษได้อย่างทันท่วงที			
2.4	**การบ่งชี้ข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม**			
2.4.1	มีการบ่งชี้และเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น และมีการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อหาสาเหตุพิเศษเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม			
2.5	**การเลือกชนิดแผนภูมิควบคุม**			
2.5.1	มีการจัดทำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุม และจัดทำเป็นเอกสาร			
2.5.2	แผนภูมิควบคุมที่เลือกมาใช้งานมีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและกระบวนการ			
2.6	**การออกแบบแผนภูมิควบคุม**			
2.6.1	พิกัดควบคุมทดลองถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสม จากกลุ่มย่อยอย่างน้อย 25 กลุ่ม			
2.6.2	แผนภูมิควบคุมได้รับการตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบก่อนนำไปใช้งานในระยะยาว			
2.7	**กำหนดแนวทางในการพิจารณาสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุม**			
2.7.1	มีการกำหนดกฎหรือวิธีการในการระบุสภาวะที่กระบวนการออกนอกการควบคุมอย่างเหมาะสม			

ตารางที่ 9 (ต่อ) รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

#	หัวข้อการตรวจประเมิน	คะแนนที่ได้		
		1	2	3
2.9	**การศึกษาความสามารถของกระบวนการ**			
2.9.1	มีการศึกษาความสามารถของกระบวนการและที่มาของความผันแปร เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการ			
2.10	**การทบทวนพิกัดควบคุม**			
2.10.1	มีการกำหนดช่วงเวลาในการทบทวนพิกัดควบคุม			
2.10.2	พิกัดควบคุมได้รับการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการปรับพิกัดควบคุมโดยไม่มีการระบุสาเหตุหรือปรับเปลี่ยนเนื่องจากสาเหตุพิเศษ			
2.10.3	มีการยกเลิกแผนภูมิควบคุมที่ไม่ได้มีการใช้งาน			
2.11	**การตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม**			
2.11.1	มีการตรวจประเมินการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมอย่างน้อยปีละครั้ง			
3	**ผลลัพธ์**			
3.1	**การใช้แผนภูมิควบคุมสามารถลดความผันแปรของกระบวนการ และบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้**			
คะแนนรวมที่ได้				

ตารางที่ 9 (ต่อ) รายการตรวจสอบสำหรับการตรวจประเมินการใช้งานแผนภูมิควบคุม

คะแนนที่ได้จากการตรวจประเมินนั้น คะแนนที่ต่ำที่สุดคือ 45 และคะแนนเต็มคือ 135 โดยคะแนนต่ำจะอยู่ในช่วง 45-74 คะแนน ระดับปานกลางจะอยู่ในช่วง 75-104 คะแนนและในระดับสูงคือ 105-135 คะแนน อย่างไรก็ตามผู้รับการตรวจประเมินไม่ควรมุ่งเน้นที่คะแนนที่ได้จากการตรวจประเมินมากเกินไป ทั้งนี้เพราะวัตถุประสงค์หลักของการตรวจประเมินนี้ไม่ใช่เพื่อให้ได้ผลคะแนนจากการตรวจประเมิน แต่เป็นการชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องและโอกาสในการปรับปรุงการดำเนินการใช้งานแผนภูมิควบคุมให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
ค่าคงที่แผนภูมิควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าคงที่แผนภูมิควบคุมข้อมูลผันแปร

ขนาดของกลุ่มย่อย (n)	c_4	d_2	A_2	A_3	B_3	B_4	D_3	D_4	E_2
2	0.7979	1.128	1.880	2.659	0	3.267	0	3.267	2.660
3	0.8862	1.693	1.023	1.954	0	2.568	0	2.574	1.772
4	0.9213	2.059	0.729	1.628	0	2.266	0	2.282	1.457
5	0.9400	2.326	0.577	1.427	0	2.089	0	2.114	1.290
6	0.9515	2.534	0.483	1.287	0.030	1.970	0	2.004	1.184
7	0.9594	2.704	0.419	1.182	0.118	1.882	0.076	1.924	1.109
8	0.9650	2.847	0.373	1.099	0.185	1.815	0.136	1.864	1.054
9	0.9693	2.970	0.337	1.032	0.239	1.761	0.184	1.816	1.010
10	0.9727	3.078	0.308	0.975	0.284	1.716	0.223	1.777	0.975
11	0.9754	3.173	0.285	0.927	0.321	1.679	0.256	1.744	0.945
12	0.9776	3.258	0.266	0.886	0.354	1.646	0.283	1.717	0.921
13	0.9794	3.336	0.249	0.850	0.382	1.618	0.307	1.693	0.899
14	0.9810	3.407	0.235	0.817	0.406	1.594	0.328	1.672	0.881
15	0.9823	3.472	0.223	0.789	0.428	1.572	0.347	1.653	0.864
16	0.9835	3.532	0.212	0.763	0.448	1.552	0.363	1.637	0.849
17	0.9845	3.588	0.203	0.739	0.466	1.534	0.378	1.622	0.836
18	0.9854	3.640	0.194	0.718	0.482	1.518	0.391	1.608	0.824
19	0.9862	3.689	0.187	0.698	0.497	1.503	0.403	1.597	0.813
20	0.9869	3.735	0.180	0.680	0.510	1.490	0.415	1.585	0.803
21	0.9876	3.778	0.173	0.663	0.523	1.477	0.425	1.575	0.794
22	0.9882	3.819	0.167	0.647	0.534	1.466	0.434	1.566	0.786
23	0.9887	3.858	0.162	0.633	0.545	1.455	0.443	1.557	0.778
24	0.9892	3.895	0.157	0.619	0.555	1.445	0.451	1.548	0.770
25	0.9896	3.931	0.153	0.606	0.565	1.435	0.459	1.541	0.763

เมื่อ n>25

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \qquad c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_4 = 1+\frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} \qquad B_3 = 1-\frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}$$

ค่าคงที่แผนภูมิควบคุมกลุ่มของ Grimshaw et al. (1999)

ขนาดของ	ค่า A_2^* ที่จำนวนสายกระบวนการ = k											
กลุ่มย่อย (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
2	1.880	2.009	2.081	2.131	2.169	2.199	2.225	2.247	2.266	2.283	2.348	2.393
3	1.023	1.093	1.132	1.159	1.180	1.197	1.210	1.222	1.233	1.242	1.277	1.302
4	0.729	0.778	0.806	0.826	0.840	0.852	0.862	0.870	0.878	0.885	0.910	0.927
5	0.577	0.616	0.638	0.654	0.665	0.675	0.682	0.689	0.695	0.700	0.720	0.734
6	0.483	0.516	0.535	0.548	0.557	0.565	0.572	0.578	0.582	0.587	0.603	0.615
7	0.419	0.448	0.464	0.475	0.484	0.490	0.496	0.501	0.505	0.509	0.524	0.534
8	0.373	0.398	0.412	0.422	0.430	0.436	0.441	0.445	0.449	0.452	0.465	0.474
9	0.337	0.360	0.373	0.382	0.388	0.394	0.398	0.402	0.406	0.409	0.420	0.428
10	0.308	0.329	0.341	0.349	0.356	0.361	0.365	0.368	0.371	0.374	0.385	0.392
15	0.223	0.238	0.247	0.253	0.257	0.261	0.264	0.266	0.269	0.271	0.279	0.284
20	0.180	0.192	0.199	0.204	0.207	0.210	0.213	0.215	0.216	0.218	0.224	0.229
25	0.153	0.163	0.169	0.173	0.176	0.179	0.181	0.182	0.184	0.185	0.191	0.194

ขนาดของ	ค่า D_3^* ที่จำนวนสายกระบวนการ = k											
กลุ่มย่อย (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
7	0.076	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.136	0.077	0.044	0.021	0.003	0	0	0	0	0	0	0
9	0.184	0.128	0.097	0.075	0.059	0.045	0.034	0.025	0.017	0.009	0	0
10	0.223	0.170	0.140	0.120	0.104	0.092	0.081	0.072	0.064	0.057	0.030	0.120
15	0.347	0.303	0.278	0.261	0.248	0.237	0.228	0.221	0.214	0.208	0.186	0.170
20	0.415	0.374	0.352	0.337	0.325	0.315	0.307	0.300	0.294	0.289	0.269	0.255
25	0.459	0.422	0.401	0.387	0.376	0.367	0.360	0.354	0.348	0.343	0.325	0.312

เมื่อ n < 6, D_3^* = 0 ทุกจำนวนสายกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนาดของ	ค่า D_4^* ที่จำนวนสายกระบวนการ = k											
กลุ่มย่อย (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
2	3.267	3.426	3.510	3.571	3.616	3.653	3.684	3.711	3.734	3.754	3.832	3.886
3	2.575	2.681	2.741	2.783	2.815	2.840	2.862	2.880	2.896	2.910	2.964	3.002
4	2.282	2.370	2.419	2.453	2.479	2.500	2.517	2.532	2.545	2.557	2.601	2.631
5	2.115	2.190	2.233	2.263	2.285	2.303	2.318	2.331	2.343	2.353	2.391	2.418
6	2.004	2.073	2.111	2.138	2.158	2.174	2.188	2.120	2.210	2.219	2.253	2.277
7	1.924	1.987	2.023	2.047	2.066	2.081	2.093	2.104	2.114	2.122	2.154	2.176
8	1.864	1.923	1.956	1.979	1.997	2.011	2.022	2.032	2.041	2.049	2.079	2.099
9	1.816	1.872	1.903	1.925	1.941	1.955	1.966	1.975	1.983	1.991	2.019	2.038
10	1.777	1.830	1.860	1.880	1.896	1.908	1.919	1.928	1.936	1.943	1.970	1.988
15	1.653	1.697	1.722	1.739	1.752	1.763	1.772	1.779	1.786	1.792	1.814	1.830
20	1.585	1.626	1.648	1.663	1.675	1.685	1.693	1.700	1.706	1.711	1.731	1.745
25	1.541	1.578	1.599	1.613	1.624	1.633	1.640	1.646	1.652	1.657	1.675	1.688

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายประภาศักดิ์ จิรเศรษฐพงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2542 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาคนอกเวลาราชการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2550 หลังจากจบการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิตได้เข้าทำงานในบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ในแผนกวิศวกรรมอุตสาหการ และได้รับการฝึกอบรมในหลักสูตร Six Sigma Black Belt ด้านผลงานทางวิชาการได้รับรางวัล ศ.สุรศักดิ์ นานานุกูล (Best of the Best) จากมูลนิธิส่งเสริมทีคิวเอ็มในประเทศไทย จากการนำเสนอบทความเรื่องการลดเวลาของกระบวนการละลายกาวให้ติดบนผิวของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ในการประชุมวิชาการ The 7th Symposium on TQM-Best Practices in Thailand ปัจจุบันเป็นรองผู้จัดการแผนกกระบวนการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง บริษัท สมาร์ทแทรค เทคโนโลยี จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย