บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ ผู้ทำการวิจัย ได้ประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับในปัจจุบัน และทำการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่เพื่อให้ได้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับและแผนภูมิควบคุมการผลิต ที่ดี และถูกต้องเหมาะสมกับกระบวนการตัดแต่งไก่ เพื่อลดค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภค และสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอน รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่จะถึงมือผู้บริโภค โดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติและทางวิศวกรรมอุตสาหการ ดังต่อไปนี้

2.1. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. แนวความคิดในการใช้กลวิธีการแก้ปัญหาคุณภาพ

การใช้กลวิธีการแก้ปัญหาคุณภาพให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด จะต้องใช้ภายใต้ขั้นตอนการแก้ปัญหาคุณภาพภายใต้คิวซีสตอรี โดยให้ กลวิธีต่างๆเป็นเครื่องมือแทนที่จะเป็นจุดประสงค์ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องมือพื้นฐาน 7 ตัวด้วยกันคือ

(1) แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)

(2) แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

(3) ใบตรวจสอบหรือเช็คชีท (Check Sheet)

(4) กราฟ (Graph)

(5) ฮิสโทแกรม (Histogram)

(6) แผนภาพก้างปลา (Fishbone Diagram)

(7) แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

ส่วนเครื่องมือสำคัญอีกตัวหนึ่งคือ แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ซึ่งจะกล่าวโดยเฉพาะในหัวข้อถัดไป เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งการแก้ปัญหาคุณภาพและการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.1.1.1. แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)

แผนภูมิการไหลของกระบวนการคือ แผนภูมิที่แสดงถึงลำดับของกิจกรรม รวมถึงความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนการทำความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า โดยทั่วไปแล้ว อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กระบวนการทางธุรกรรม (transactional process) ที่ประกอบด้วยการบริการแก่ลูกค้า ตลอดจนกระบวนการจัดการและการบริหารซึ่งจะอาศัยข้อมูลและข่าวสารเป็นหลักในการดำเนินกระบวนการ และกระบวนการผลิต (manufacturing process)

ตาราง 2.1 และ 2.2 แสดงสัญลักษณ์การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการสำหรับกระบวนการทางธุรกรรม และกระบวนการผลิต ตามลำดับ

ตาราง 2.1 สัญลักษณ์การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการทางธุรกรรม

ชื่อกิจกรรม	ความหมาย	สัญลักษณ์	อธิบายเพิ่มเติม
1. กิจกรรมที่กระทำ (activity)	การกระทำใดๆ ที่มีการเพิ่มมูลค่า		ใช้สี่เหลี่ยมผืนผ้าและควรเขียนกิจกรรมสั้นๆ ในสี่เหลี่ยม
2. การตัดสินใจ (decision)	การตัดสินใจเพื่อให้เกิดการยอมรับหรือปฏิเสธภายใต้กฎเกณฑ์ที่ระบุ		ใช้สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนและให้เขียนกฎเกณฑ์การตัดสินใจในรูปคำถามให้ตอบรับ/ปฏิเสธ
3. เอกสาร(document)	เอกสารที่แสดงถึงสารสนเทศสำหรับการตัดสินใจ ทั้งในรูปแบบ Hardware และ Software		ให้เขียนชื่อเอกสารลงในสัญลักษณ์เอกสาร และอาจจะใช้สัญลักษณ์ซ้อนกันเพื่ออธิบายเอกสารสำเนาได้
4. เส้นทางการไหล (flow line)	การไหลของสารสนเทศจากกิจกรรมหนึ่งสู่อีกกิจกรรมหนึ่ง		หัวลูกศรแสดงทิศทางการไหลของสารสนเทศ และอาจใช้เส้นประในกรณีไหลย้อนกลับ
5. จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (terminal)	แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกิจกรรม		ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมปลายมนแสดงจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของกระบวนการ
6. การเชื่อมต่อ (connector)	แสดงความต่อเนื่องของแผนภาพการไหล		ใช้ตัวเลขหรืออักษรเพื่อบ่งชี้ภายในสัญลักษณ์วงกลมได้

ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 279)

ตาราง 2.2 สัญลักษณ์การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต

ชื่อกิจกรรม	ความหมาย	สัญลักษณ์*		
		ASME	TPS	อธิบายเพิ่มเติม
1. การเพิ่มมูลค่า (operation)	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุดิบ หรือการเพิ่มมูลค่าแก่วัตถุดิบ			เครื่องหมายวงกลมหรืออักษรโอ
2. การตรวจสอบ (inspection)	การพิจารณาคุณภาพหรือปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการเพิ่มมูลค่าแล้ว			ตรวจสอบปริมาณ
				ตรวจสอบคุณภาพ
				ตรวจสอบคุณภาพขณะเพิ่มมูลค่า
3. การขนย้าย (transportation)	การย้ายตำแหน่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยไม่มีการเพิ่มมูลค่า			เครื่องหมายวงกลมที่เล็กกว่าการเพิ่มมูลค่า
4. การรอคอย (delay)	การหยุดนิ่งโดยไม่มีการเพิ่มมูลค่าและไม่ได้วางแผนไว้ (สามารถหลีกเลี่ยงได้)			การรอคอยระหว่างกระบวนการ
				การรอคอยที่คลังพัสดุย่อย
				การรอคอยภายในล็อตที่กำลังแปรรูป
				การรอคอยตามผลิตภัณฑ์มาตรฐานสำรอง
5. การเก็บรักษา (storage)	การหยุดนิ่งโดยไม่มีการเพิ่มมูลค่าและมีการวางแผนไว้ (ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้)			การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
				การเก็บรักษาวัตถุดิบ

* ASME : สมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งอเมริกัน

TPS : ระบบการผลิตแบบโตโยต้า

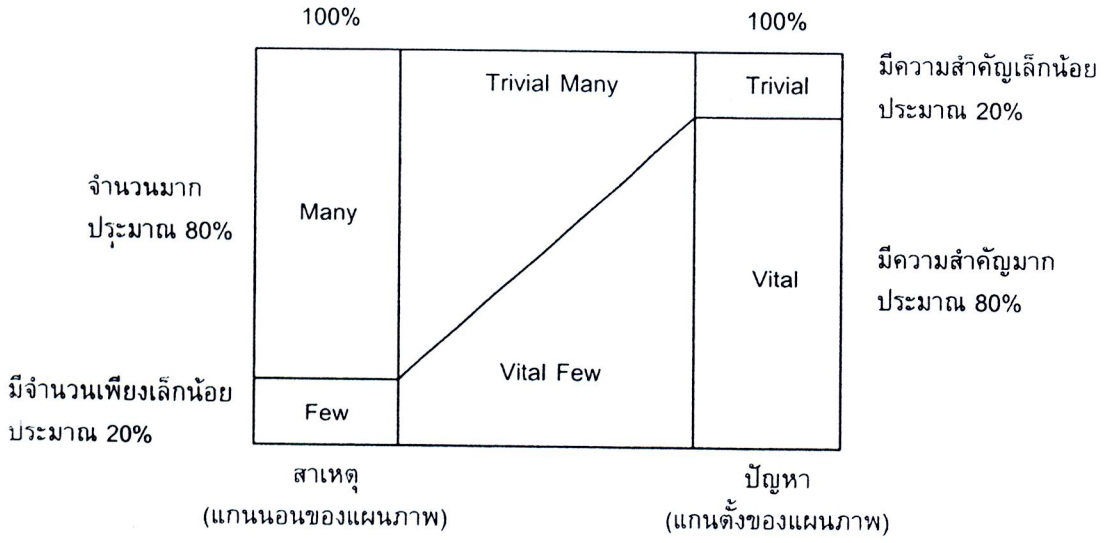
ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 280))

2.1.1.2. แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

เป็นแผนภาพที่ใช้จำแนกประเภทของข้อมูล (Data Stratification) รวมถึงการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทและมีการสะสมตามเวลา

จูรัน (พ.ศ. 2535) สร้างวลีที่ว่า "สิ่งที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อย และสิ่งที่มีความสำคัญเล็กน้อยจะมีจำนวนมาก (vital few and trivial many)"

จูรานแนะนำให้ใช้ตัวเลขหยาบๆ กับการตัดสินใจใจหลักการพาเรโต (Pareto Principle) คือ "80-20" ซึ่งหมายความว่า "ปัญหาหรือความสูญเสียที่มีความสำคัญมากจำนวน 80% มักจะมีสาเหตุมาจากประมาณ 20% ของสาเหตุทั้งหมด (The Vital Few) ในขณะที่อีกประมาณ 80% ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวน 20% ของปัญหาเท่านั้น (The Trivial Many) " ดังนั้นแผนภาพพาเรโตจะเป็นเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นถึงว่า ปัญหาสำคัญจริงๆ นั้นมาจากไม่กี่สาเหตุ และปัญหาที่มีความสำคัญน้อยเกิดจากสาเหตุมากมาย ดังแสดงในรูป 2.1

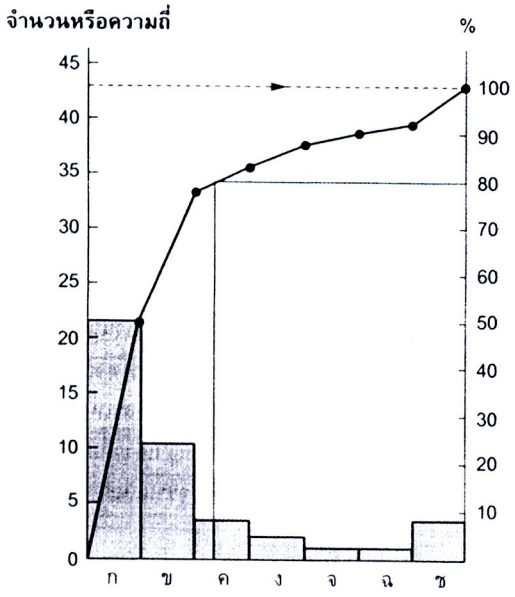


รูป 2.1 หลักการพาเรโต (ที่มา: ศุภชัย (2551, หน้า 81))

สรุปว่า ในการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องแก้ทุกสาเหตุให้หมด แต่ให้เลือกแก้เฉพาะสาเหตุหลักที่สำคัญ กล่าวคือ ปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญมากก็ควรเร่งแก้ไขก่อน และปัญหาใดที่เป็นปัญหาสำคัญน้อยก็ให้แก้ไขทีหลัง

แผนภาพพาเรโต มีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แบ่งแยกข้อมูลเป็นช่วงๆ จากมากไปน้อย และจากซ้ายไปขวา โดยแกน y มี 2 แกนคือ แกนซ้ายมือแทนความถี่ และแกนขวามือแทนเปอร์เซ็นต์ แกน x แทนสาเหตุ ดังแสดงในรูป 2.2

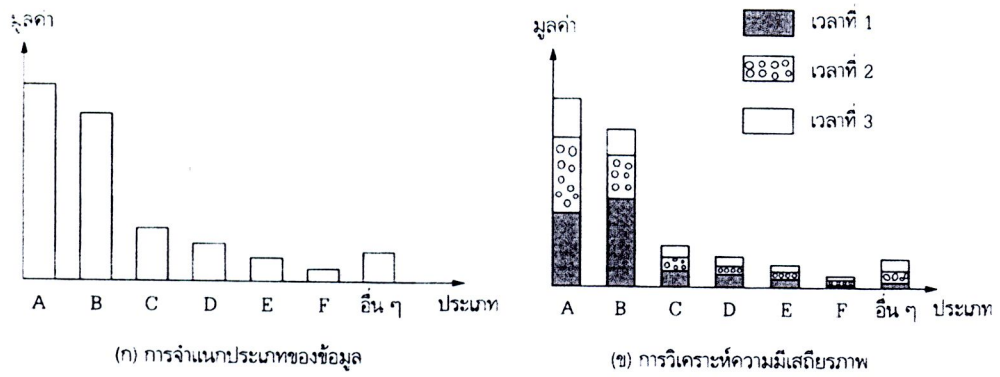
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



รูป 2.2 แผนภาพพาเรโตแสดงชนิดของสาเหตุ ก – ช (ที่มา: ศุภชัย (2551, หน้า 82))

แผนภาพพาเรโตต่างจากฮิสโทแกรมที่แกนนอนของแผนภาพพาเรโตเป็นประเภทข้อมูล แต่แกนนอนของฮิสโทแกรมเป็นตัวเลข

ในการสร้างแผนภาพพาเรโต ถ้าหากมีจุดประสงค์ในการจำแนกประเภทของข้อมูลแล้ว มีความจำเป็นต้องกำหนดแนวความคิดในการจำแนกประเภทของข้อมูลเพื่อดำเนินการวิเคราะห์ตามแนวความคิดดังกล่าว แต่ถ้าหากต้องการใช้ในการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทแล้วมีความจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่มีการสะสมตามลำดับเวลา ดังแสดงในรูป 2.3

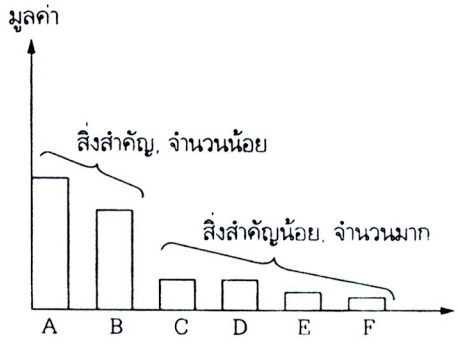


(ก) การจำแนกประเภทของข้อมูล (ข) การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ

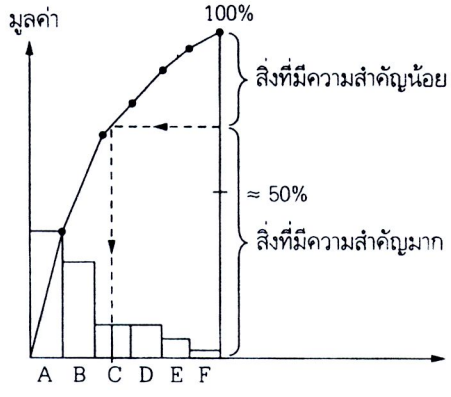
รูป 2.3 การประยุกต์ใช้แผนภาพพาเรโต (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 273))

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 17 ม.ค. 2555
เลขทะเบียน 248696
เลขเรียกหนังสือ

การสร้างแผนภาพพาเรโตสามารถดำเนินการได้ 2 แบบคือ แบบที่ไม่มีเส้นโค้งสะสมซึ่งจูรานได้แสดงผลในระยะแรกๆ ดังแสดงในรูป 2.4(ก) และแบบที่มีเส้นโค้งสะสม ซึ่งสมาคม JUSE ของญี่ปุ่นได้พัฒนาต่อจากจูราน เพื่อให้เกิดความง่ายในการตีความหมายการแจกแจงแบบพาเรโต ดังแสดงในรูป 2.4(ข)



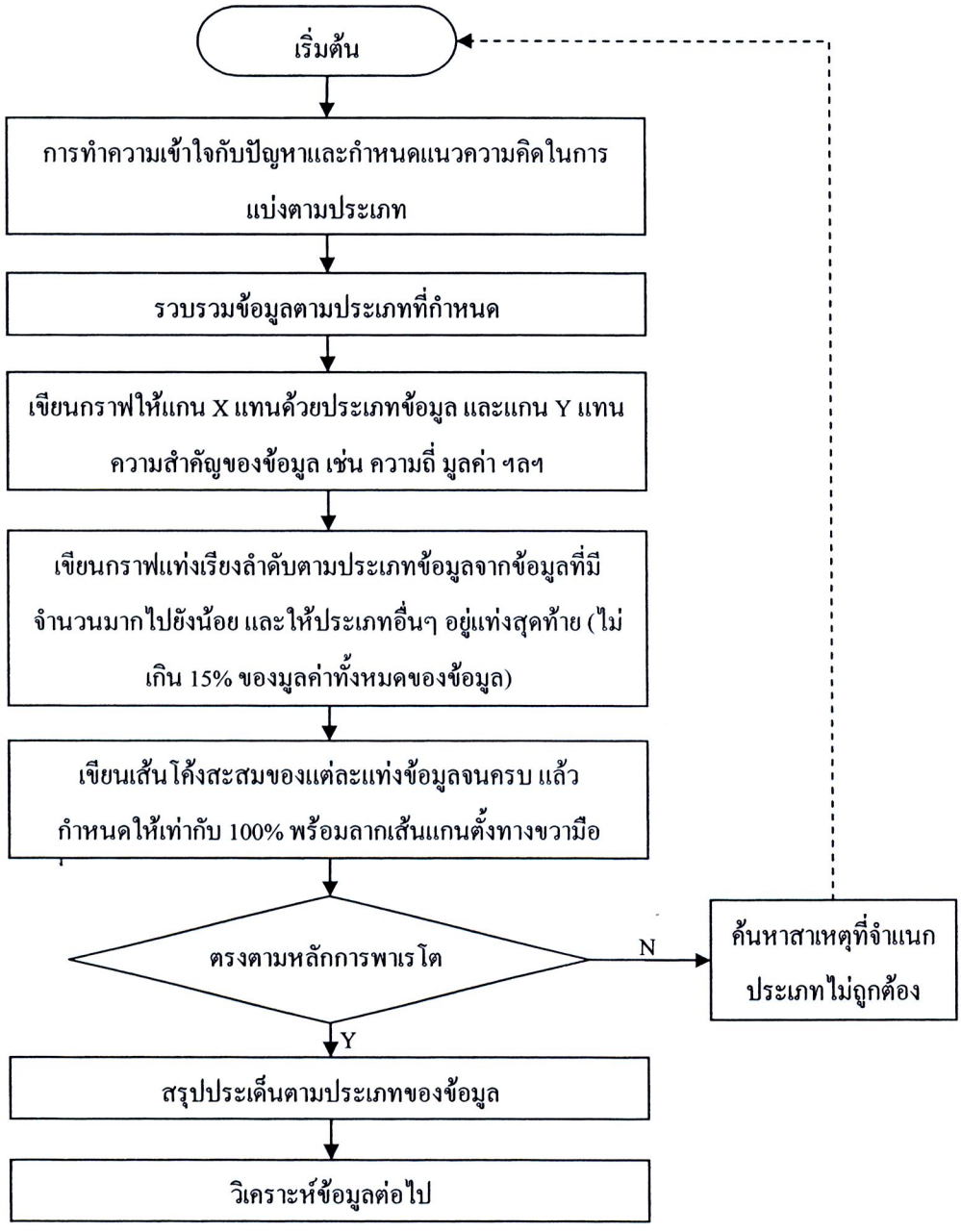
(ก) แผนภาพที่ไม่มีเส้นโค้ง



(ข) แผนภาพที่มีเส้นโค้ง

รูป 2.4 วิธีการแสดงแผนภาพพาเรโต (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 273))

โดยมีวิธีการสร้างดังแสดงในรูป 2.5



รูป 2.5 ขั้นตอนการสร้างแผนภาพพาเรโต

2.1.1.3. ใบตรวจสอบหรือเช็คชีท (Check Sheet)

ใบตรวจสอบหรือเช็คชีท เป็นเครื่องมือตัวแรกในการแก้ปัญหา ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่สนใจในสถานที่ที่ต้องการศึกษา โดยที่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตจะเป็นผู้บันทึก ใบตรวจสอบข้อมูลนั้นมีหลายประเภท ทั้งนี้ก็เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ตลอดจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

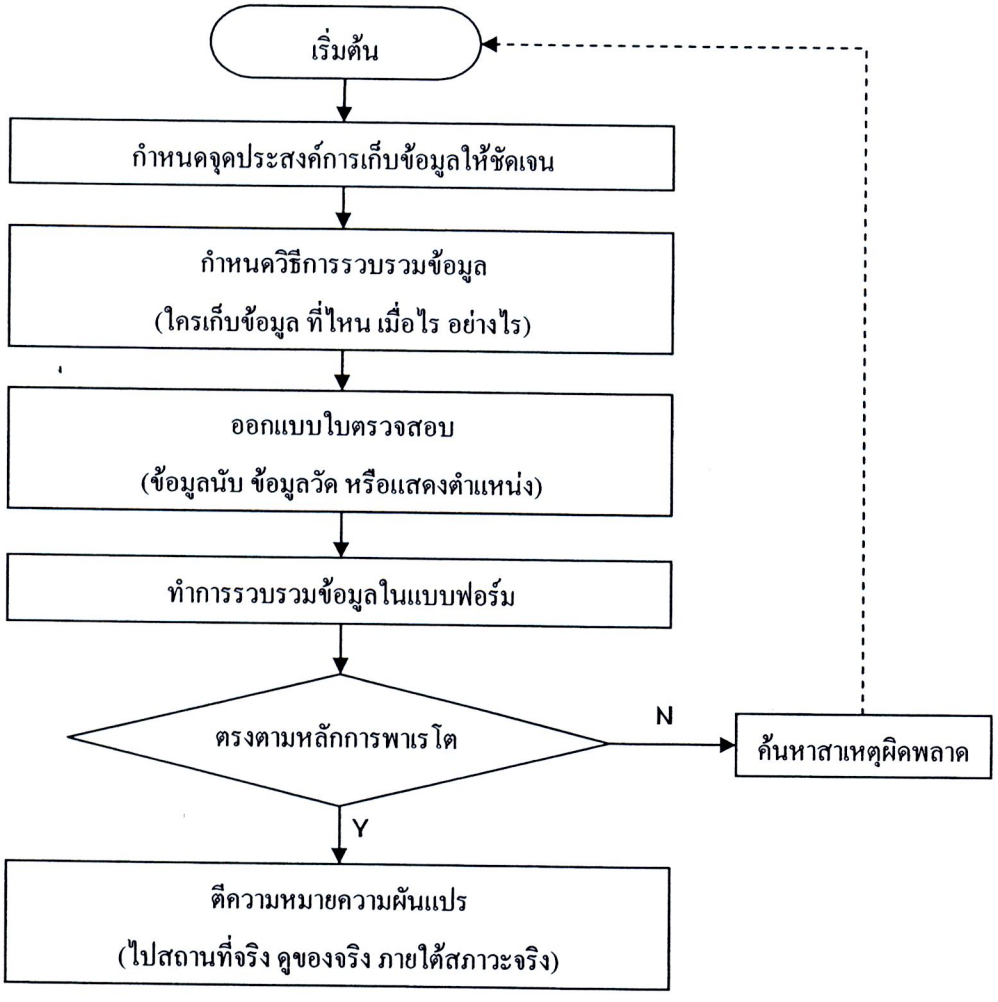
สำหรับในที่นี้จะจำแนกประเภทใบตรวจสอบตามประเภทของข้อมูลที่บันทึกซึ่งประกอบด้วย

(ก) ใบตรวจสอบสำหรับข้อมูลผันแปร

(ข) ใบตรวจสอบสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ

(ค) ใบตรวจสอบสำหรับแสดงตำแหน่ง

ขั้นตอนการสร้างใบตรวจสอบแสดงในรูป 2.6 โดยประเด็นสำคัญของการสร้างใบตรวจสอบคือ การกำหนดจุดประสงค์ให้ชัดเจนถึงความผันแปรที่ต้องการศึกษาสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาที่ต้องการ



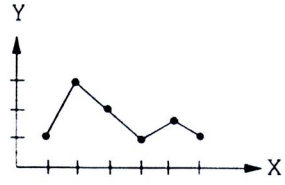
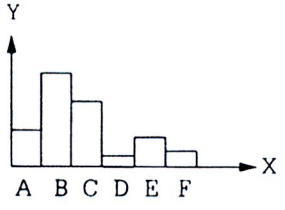
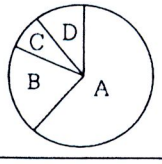
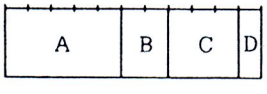
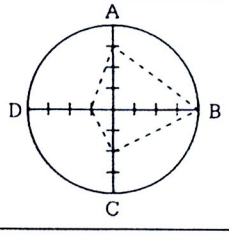
รูป 2.6 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเขียนใบตรวจสอบ

2.1.1.4. กราฟ (Graph)

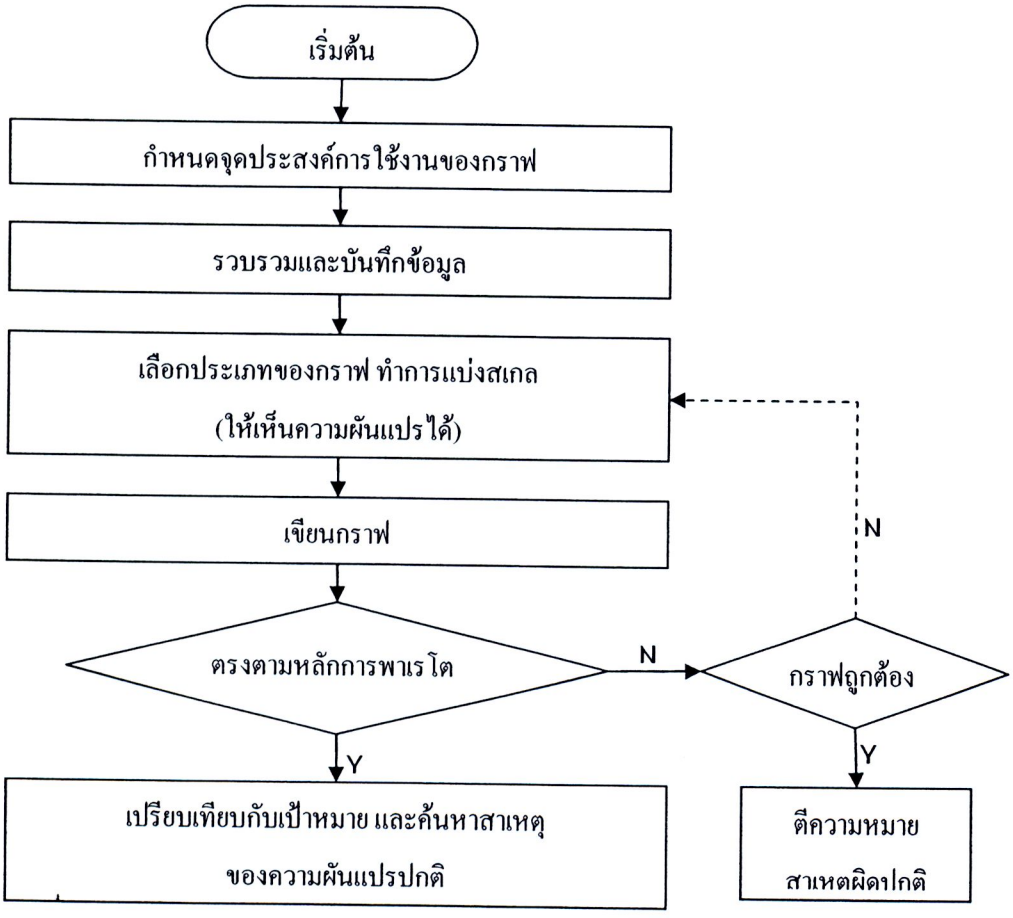
กราฟ (Graph) คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้

กราฟมีอยู่หลายประเภท ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และลักษณะข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ ซึ่งกิติศักดิ์ (2548, หน้า 151) ได้สรุปถึงกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งานดังตาราง 2.3 และสามารถเขียนถึงขั้นตอนการเขียนได้ดังรูป 2.7

ตาราง 2.3 กราฟที่จำแนกตามจุดประสงค์ทั่วไป

ชื่อกราฟ	ลักษณะ	จุดประสงค์
กราฟเส้น		แสดงถึงความผันแปรของข้อมูล เชิงตัวเลข โดยมีสารสำคัญอยู่ที่แกน X (ถ้า X คือเวลา จะเรียกกราฟนี้ว่ากราฟแนวโน้ม (trend chart))
กราฟแท่ง		แสดงถึงการเปรียบเทียบปริมาณของประเภทข้อมูลตามแกน X (ถ้า X คือข้อมูลจากการวัดกราฟนี้คือ ฮิสโตแกรม)
กราฟวงกลม		แสดงเปรียบเทียบถึงสัดส่วนของข้อมูลแต่ละประเภท (แสดงในแต่ละส่วน)
กราฟแถบ (belt graph)		แสดงถึงสัดส่วนของประเภทของข้อมูลต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกันโดยใช้สเกลวัดแทนสัดส่วน
กราฟเรดาร์ (redar chart)		แสดงเปรียบเทียบปริมาณของข้อมูลที่ต้องการแสดงผลมากกว่า 2 มิติ

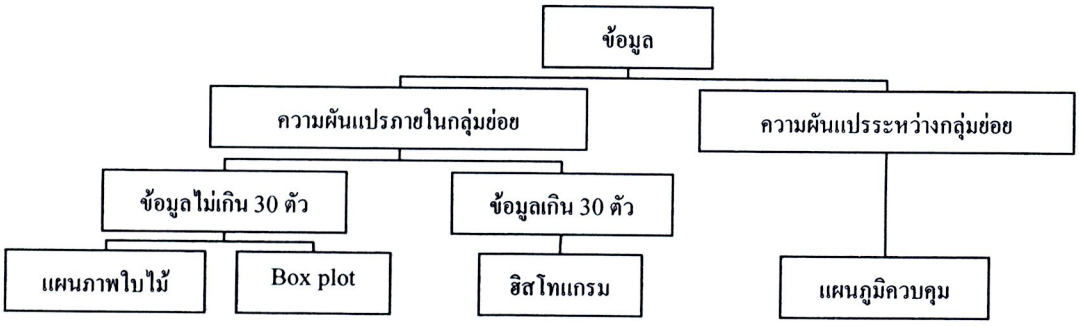
ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 283)



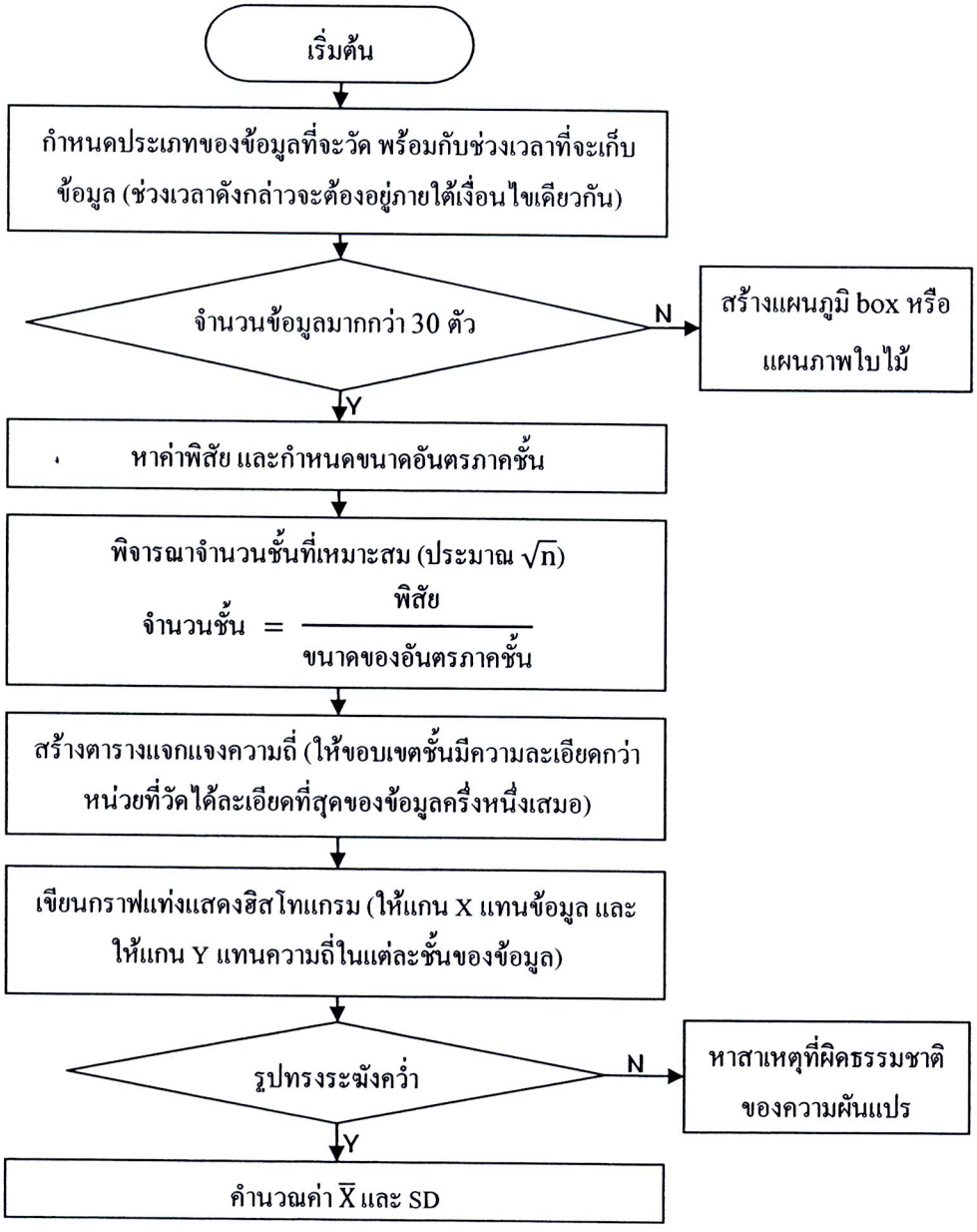
รูป 2.7 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเขียนกราฟ

2.1.1.5. ฮิสโทแกรม (Histogram)

ฮิสโทแกรม (Histogram) เป็นแผนภูมิแท่งแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูล หลักการในการสร้างอันตรภาคชั้นต้องครอบคลุมจำนวนข้อมูลที่ทำการสังเกต ต้องหาจำนวนของอันตรภาคชั้นและความกว้างของแต่ละอันตรภาคชั้น จากนั้นก็นำข้อมูลมาพล็อต โดยในการสร้างฮิสโทแกรมนั้น จะต้องอาศัยข้อมูลจากการวัดที่มีจำนวนไม่น้อยกว่า 30 ตัว เนื่องจากกลไกของฮิสโทแกรมจะอาศัยการกองตัว (stacked up) ของข้อมูลในแต่ละช่วงชั้น ถ้าหากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไปจะมีผลทำให้ความผันแปรของข้อมูลไม่แสดงรูปทรงซึ่งจะทำให้ตีความหมายผิดไปได้ โดยรูป 2.8 แสดงถึงแนวทางการเลือกเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์สาเหตุความผันแปรของข้อมูลวัด และสามารถเขียนถึงขั้นตอนการเขียนได้ดังรูป 2.9



รูป 2.8 เครื่องมือในการวิเคราะห์สาเหตุความผันแปร



รูป 2.9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสร้างฮิสโทแกรม

ในการสร้างฮิสโทแกรม จะมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นชั้นๆ โดยจำนวนชั้นของฮิสโทแกรมจะประมาณเท่ากับ $\sqrt{n}$ หรือประมาณได้ด้วยตาราง 2.4 และขนาดอันตรภาคชั้น (class interval) สามารถคำนวณได้จากสูตรข้างล่าง

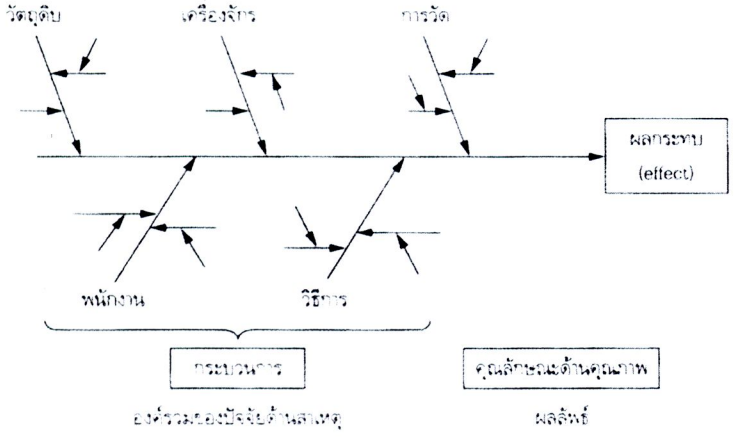
$$\text{ขนาดอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{พิสัย}}{\text{จำนวนชั้น}} \qquad (2.1)$$

ตาราง 2.4 ค่าของจำนวนชั้นสำหรับการสร้างฮิสโทแกรม

จำนวนข้อมูล	จำนวนชั้น
30 ถึง 50	5 ถึง 7
51 ถึง 100	6 ถึง 10
101 ถึง 150	7 ถึง 12
151 ถึง 200	10 ถึง 15

2.1.1.6. แผนภาพก้างปลา (Fishbone Diagram)

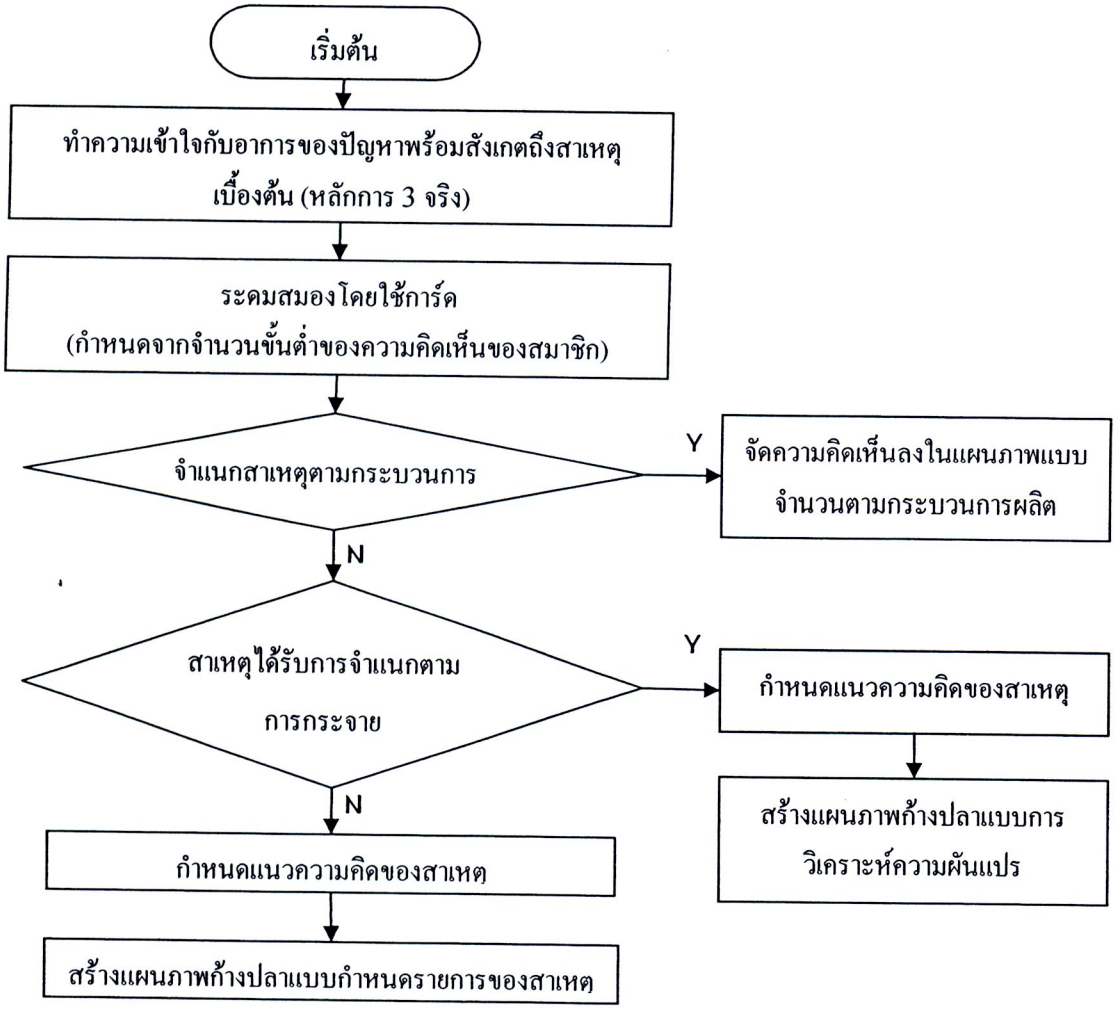
แผนภาพก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือแผนภาพอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) หรือแผนภาพสาเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) คือ แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่ง (อาการของปัญหา) และสาเหตุที่เกี่ยวข้อง โดยจะมีลักษณะโครงสร้างดังรูป 2.10 ซึ่งจะแสดงผลในรูปของความสัมพันธ์ของกระบวนการ (process) ซึ่งหมายถึง การรวบรวมถึงปัจจัยด้านสาเหตุ (a collection of cause factors) ซึ่งต้องสามารถควบคุมได้และสามารถทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าได้ และผล (effect) จะหมายถึงคุณลักษณะด้านคุณภาพที่เป็นผลลัพธ์ของกระบวนการหนึ่ง



รูป 2.10 โครงสร้างแผนภาพก้างปลา (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 305))

ในการสร้างแผนภาพก้างปลานั้นจะขึ้นอยู่กับว่าผู้วิเคราะห์ต้องการจะจัดองค์กร (organize) และจัดหมวดหมู่ (arrange) สาเหตุต่างๆที่เกี่ยวข้องได้อย่างไร และไม่มีกฎเกณฑ์ใดๆ ที่ตายตัวเกี่ยวกับการสร้างแผนภาพก้างปลานี้ แต่มีสิ่งสำคัญคือ ความจำเป็นในการแตกสาเหตุให้จำแนกออกเป็นสาเหตุย่อยๆ เพื่อระบุถึงสาเหตุที่ต้องการจะบ่งชี้แล้วทำการแก้ไข

โดยสามารถเขียนถึงขั้นตอนการเขียนได้ดังรูป 2.11

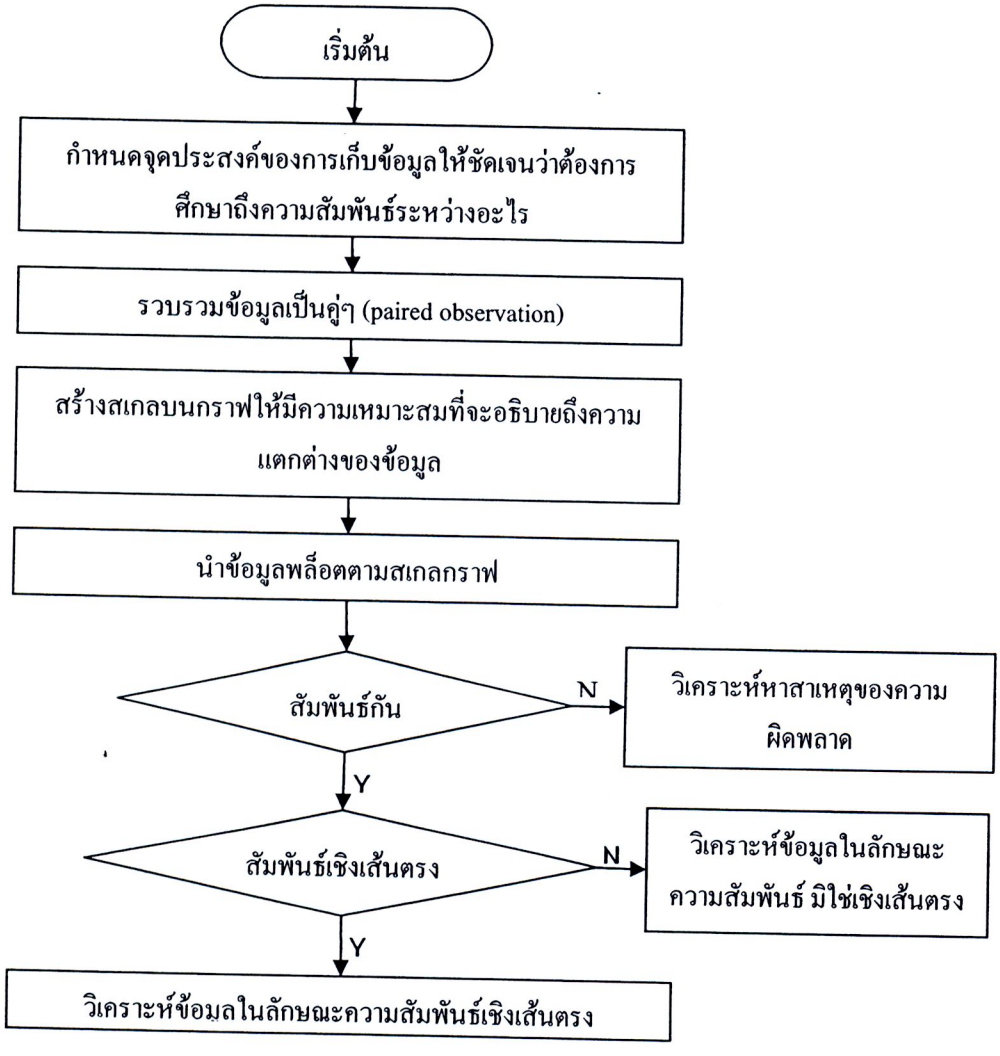


รูป 2.11 แผนภูมิแสดงขั้นตอนทั่วไปของการสร้างแผนภาพก้างปลา

2.1.1.7. แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

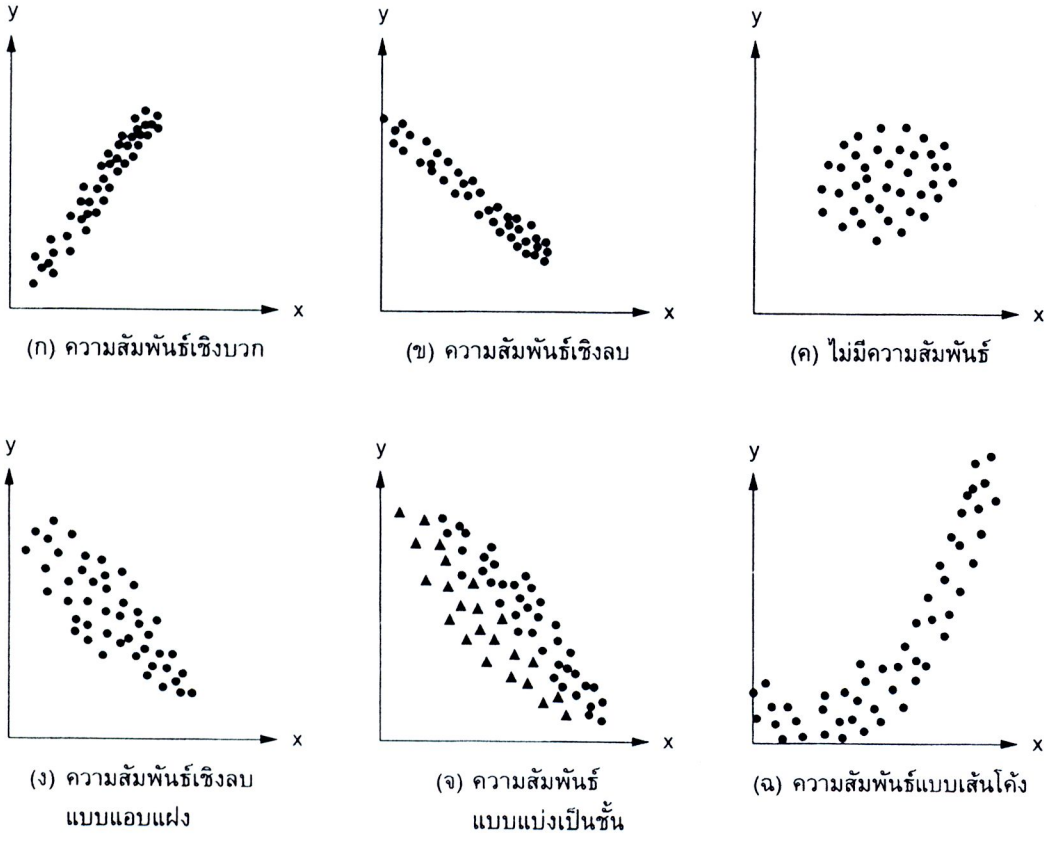
แผนภาพการกระจาย คือ แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างน้อย 2 จุด ที่มีความสอดคล้องกันเพื่อพิจารณาว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และถ้ามีความสัมพันธ์กันจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะใด

แผนภาพการกระจายใช้ในการพิสูจน์ความเป็นสาเหตุและผล รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาได้ ซึ่งสามารถดำเนินการและวิเคราะห์ได้ดังรูป 2.12



รูป 2.12 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพการกระจาย

เมื่อสร้างแผนภาพการกระจายเสร็จสามารถสรุปความสัมพันธ์ (relationship) หรือสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวแปร 2 ตัวได้ ดังรูป 2.13 ซึ่งมี 6 รูปแบบ



รูป 2.13 รูปแบบของแผนภาพการกระจาย (ที่มา: ศุภชัย (2551, หน้า 104))

รูปแบบ (ก) : ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างตัวแปร 2 ตัว เพราะขณะที่ค่าของ x เพิ่มขึ้น ค่าของ y ก็เพิ่มขึ้น

รูปแบบ (ข) : ความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างตัวแปร 2 ตัว เพราะขณะที่ค่าของ x เพิ่มขึ้น ค่าของ y กลับลดลง

รูปแบบ (ค) : ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยรูปแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับลูกกระสุนปืนที่ยิงเข้าเป้า

รูปแบบ (ง) : อาจจะมีหรือเกือบจะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัว แต่มีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างค่าของ x และ y

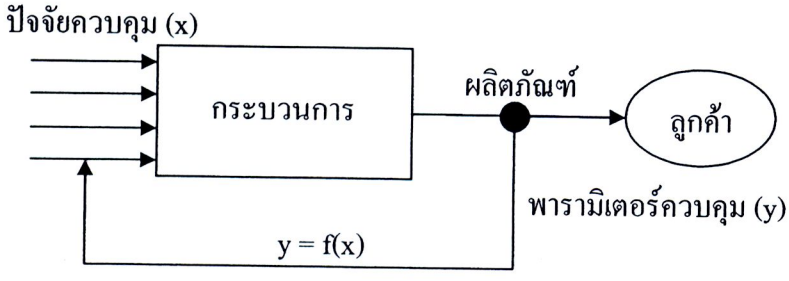
รูปแบบ (จ) : ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นชั้นตามคุณลักษณะของปัจจัยที่ป้อนเข้า ดังนั้นการนำเสนอควรกำหนดจุดเป็นวงกลมสำหรับปัจจัยหนึ่ง และสามเหลี่ยมสำหรับปัจจัยที่เหลือ

รูปแบบ (ฉ) : ข้อมูลมีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งมากกว่าเส้นตรง

2.1.2. แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

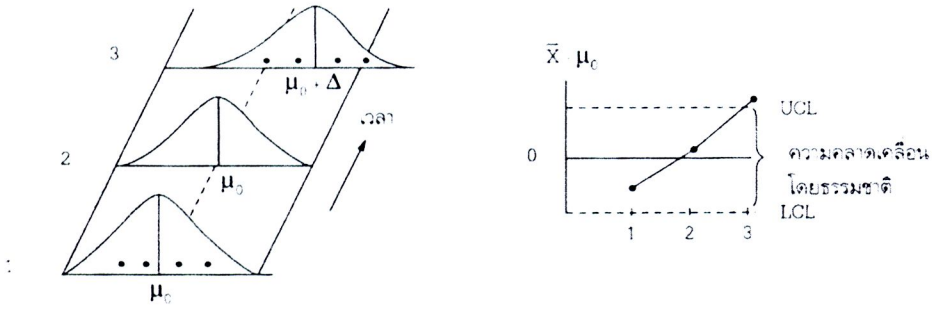
แผนภูมิควบคุม คือ เครื่องมือทางสถิติที่แยกความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติของข้อมูลออกจากความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติของข้อมูล โดยผ่านกลไกที่สำคัญ คือ พิกัดควบคุม (control limit) ของแผนภูมิ

ในการควบคุมกระบวนการนั้น จะต้องเริ่มจากการทำกระบวนการให้เป็นมาตรฐานก่อน และจากกระบวนแก้ไขปัญหาคุณภาพหรือกระบวนการวิเคราะห์กระบวนการทำให้ทราบว่าพารามิเตอร์ที่ควรได้รับการควบคุม (y) คืออะไร และเมื่อพารามิเตอร์ควบคุมมีความผิดปกติไป ควรจะมีการตรวจสอบพารามิเตอร์ใดของกระบวนการ (x) ดังแสดงรูป 2.14



รูป 2.14 แนวความคิดการควบคุมกระบวนการ

การควบคุมกระบวนการที่ดีต้องอยู่บนพื้นฐานของแนวความคิดที่ว่าจะตรวจจับความผิดปกติของพารามิเตอร์ควบคุมอย่างไร และโดยที่ทราบว่าถ้ากระบวนการเป็นปกติแล้ว ต้องสามารถคาดการณ์ลักษณะของตัวแบบได้ (predictable pattern) โดยลักษณะของข้อมูลแต่ละค่าของพารามิเตอร์จะต้องเป็นไปแบบสุ่มรอบค่าค่าหนึ่ง ดังนั้น แนวความคิดสำคัญของการควบคุมกระบวนการ จึงขึ้นกับประเด็นสำคัญที่ว่า กระบวนการแตกต่างไปจากกระบวนการที่เคยเป็นอยู่หรือไม่ การพิจารณาจึงขึ้นอยู่กับการพิจารณาค่าความแตกต่างของกระบวนการในสภาวะปัจจุบันกับสภาวะที่เคยเป็นมา ดังนั้น การตรวจจับความแตกต่างของกระบวนการเพื่อพิจารณาสภาวะควบคุม จึงขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนหรือความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และถ้าหากค่าความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ควบคุมแตกต่างไปจากความคลาดเคลื่อนที่ควรจะเป็น (หรือโดยธรรมชาติ) แสดงว่ากระบวนการมีความผิดปกติและออกนอกการควบคุมแล้ว แสดงได้ดังรูป 2.15



รูป 2.15 แนวความคิดของแผนภูมิควบคุม (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 323))

แนวความคิดสำคัญของแผนภูมิควบคุม คือ การกำหนดถึงขนาดความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติของความผันแปรรวมค่าตั้ง (หรือ $\bar{X} - \mu_0$) ถ้าค่าความผันแปรรอบค่าตั้งมีขนาดเกินความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติแล้ว แสดงว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม สำหรับกรณีที่ค่าตั้งมีค่าคงที่เสมอ ก็อาจจะควบคุมความผันแปรผ่านค่า $\bar{X}$ ได้

2.1.2.1. ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม

(1) การเตรียมการ

โดยหลักการแล้ว หากต้องการตรวจสอบหรือป้องกันการแปรผัน วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมากและต้องสุ่มบ่อยๆ แต่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้องลงทุนค่าตรวจสอบสูง ดังนั้นวิธีการที่เป็นไปได้จึงมี 2 วิธีคือ ขนาดตัวอย่างน้อย แต่สุ่มตัวอย่างบ่อยๆ และขนาดตัวอย่างมาก แต่สุ่มตัวอย่างนานๆ ครั้ง ปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมต่างๆ มักเลือกใช้วิธีแรก เนื่องจากปริมาณการสั่งผลิตสูง หรือเนื่องจากมีสาเหตุการเกิดความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติมาก

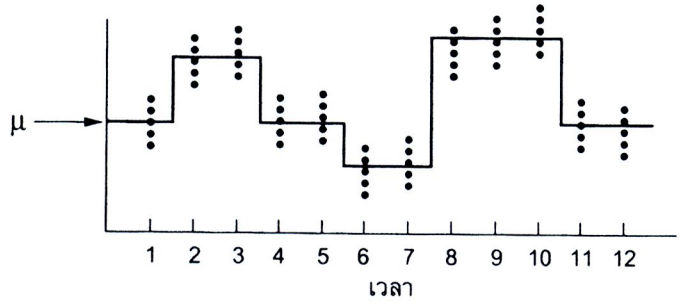
ขนาดตัวอย่าง (sample size) ที่ใช้กันในทางปฏิบัตินั้น ขนาดตัวอย่างมาก เหมาะสำหรับการตรวจสอบการแปรผันสัมพัทธ์จากค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ขณะที่ขนาดตัวอย่างน้อย เหมาะสำหรับการแปรผันสัมพัทธ์จากค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมาก

(2) การเก็บรวบรวมข้อมูล

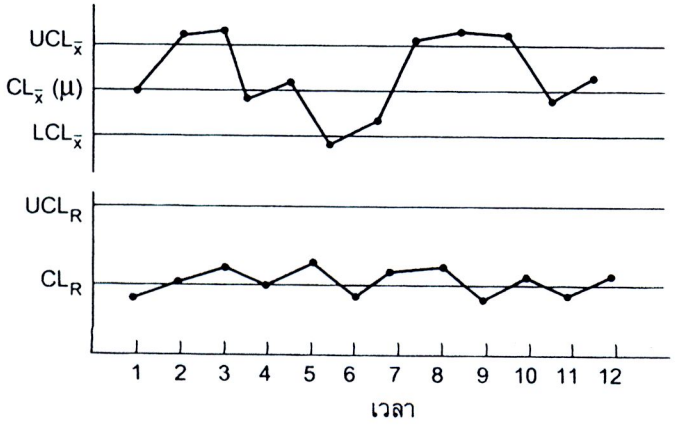
เป็นการจดบันทึกข้อมูล คำนวณค่าของตัวสถิติที่ต้องการศึกษา และพล็อตค่าของตัวสถิติ โดยการสุ่มตัวอย่างมี 2 วิธี ดังนี้

2.1) การสุ่มเท่ากับ n ชิ้นต่อเนื่องกันที่ผลิตภายในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

ใช้เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต (process shifts) เพราะโอกาสที่จะเกิดความผันแปรของแต่ละตัวอย่าง เนื่องจากความแปรผันที่ไม่ได้เกิดโดยธรรมชาติมีน้อยมาก แต่โอกาสที่จะเกิดความผันแปรระหว่างกลุ่มตัวอย่างมีมาก ดังแสดงในรูป 2.16



(ก) การสุ่มตัวอย่างที่ผลิตต่อเนื่องกัน



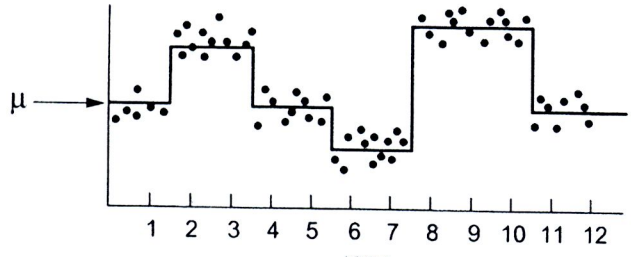
(ข) แผนภูมิควบคุม

รูป 2.16 การสุ่มตัวอย่างที่ผลิตต่อเนื่องกัน และแผนภูมิควบคุม (ที่มา: ศุภชัย (2551, หน้า 93))

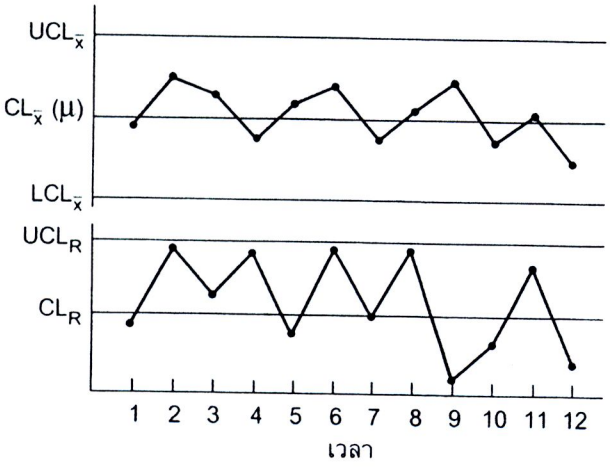
จากรูป 2.16 จะพบว่า แม้ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตจะเปลี่ยนแปลง แต่ความผันแปรของกระบวนการผลิตกลับใกล้เคียงกัน

2.2) การสุ่มเท่ากับ n ชิ้น ไม่ต้องต่อเนื่องกันที่ผลิตภายในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

เป็นวิธีที่นิยมใช้กัน โดยใช้เพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับการยอมรับหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในรูป 2.17



(ก)

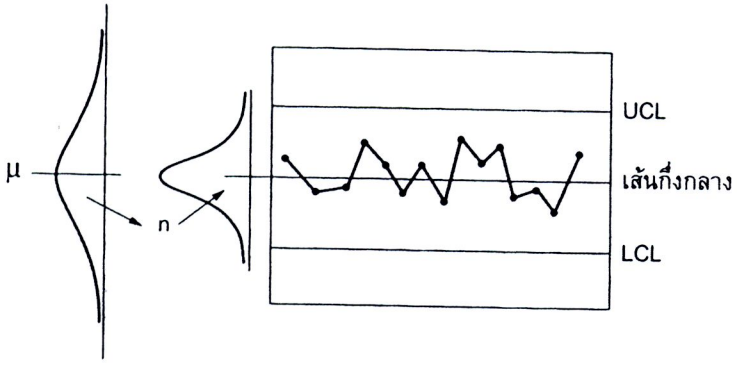


(ข)

รูป 2.17 การสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มในแต่ละช่วงเวลา (ที่มา: ศุภชัย (2551, หน้า 94))

(3) การคำนวณขีดจำกัดควบคุม (control limits) และเส้นกึ่งกลาง (central line หรือ center line)

ขีดจำกัดควบคุมเป็นเส้นที่ใช้ในการตัดสินว่าข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมหรือไม่ พิจารณารูป 2.18



รูป 2.18 แผนภูมิควบคุม (ที่มา: ศุภชัย (2551, หน้า 90))

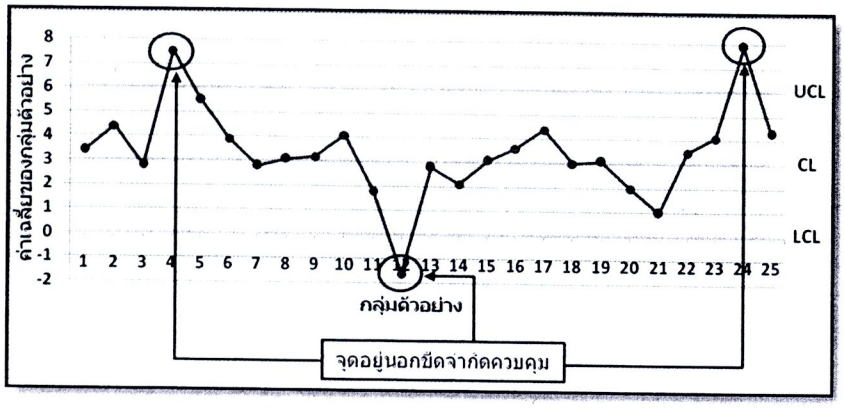
ถ้าขีดจำกัดควบคุมกว้างหรือห่างจากเส้นกึ่งกลางมาก จะทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 1 (α) เพราะทำให้จุดมีโอกาสออกนอกขีดจำกัดควบคุมน้อย แต่กลับเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) เพราะทำให้จุดมีโอกาสตกอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุม ทั้งๆที่กระบวนการผลิตออกนอกสภาวะการควบคุมไปแล้ว แต่ถ้าขีดจำกัดควบคุมอยู่ใกล้กับเส้นกึ่งกลาง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะแปลความได้ตรงข้าม กล่าวคือ α สูง แต่ β ต่ำ

(4) การวิเคราะห์และแปลความหมาย

เป็นการตัดสินว่าข้อมูลหรือผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะการควบคุมหรือไม่ การที่จุดอยู่นอกสภาวะการควบคุมเป็นสิ่งที่ไม่มีใครต้องการ เนื่องจากกระบวนการผลิตเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะมีความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เมื่อจุดอยู่นอกสภาวะการควบคุม ผู้ตรวจสอบต้องหาสาเหตุและแก้ไขความผันแปรดังกล่าว วิธีการสังเกตว่าข้อมูลอยู่ในสภาวะการควบคุมจะมีลักษณะคือ จุดส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้เส้นกึ่งกลางโดยไม่มีรูปแบบ แต่การที่จุดอยู่ภายในช่วง $\pm 3\sigma$ ก็มิได้หมายความว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายในสภาวะการควบคุม ถ้าพบว่าจุดส่วนใหญ่จะอยู่รวมกันโดยมีรูปแบบ กล่าวคือ ต้องแบ่งแผนภูมิควบคุมออกเป็น 6 ส่วนเท่าๆ กัน โดยมี 3 เขตคือ เขต A เขต B และเขต C กฎที่ใช้ในการตัดสินใจว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายนอกสภาวะการควบคุมพิจารณาได้จากจุดที่พล็อตดังต่อไปนี้

4.1) จุด 1 จุดหรือมากกว่าออกนอกขีดจำกัดควบคุม $\pm 3\sigma$ (Action Limits)

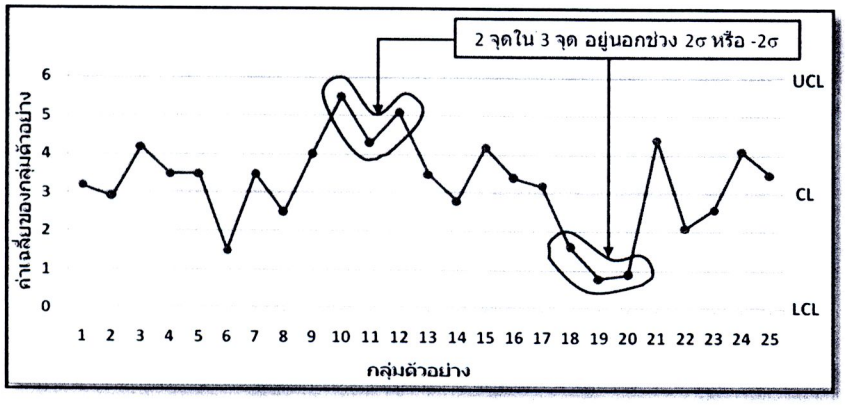
กล่าวคือ ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper control limit; UCL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower control limit; LCL) ซึ่งผู้วิเคราะห์ต้องค้นหาความแปรผันที่ไม่ได้เกิดโดยธรรมชาติ (Assignable cause) ซึ่งอาจเกิดจากประชากรต่างกัน เมื่อพบสาเหตุแห่งความแปรผันแล้ว ให้ตัดจุดเหล่านั้นออก จากนั้นนำจุดที่เหลือไปคำนวณขีดจำกัดควบคุมและเส้นกึ่งกลางใหม่ ซึ่งจะทำให้แผนภูมิควบคุมใหม่แคบลง



รูป 2.19 แผนภูมิควบคุมที่มีจุด 1 จุดหรือมากกว่าออกนอกขีดจำกัดควบคุม $\pm 3\sigma$

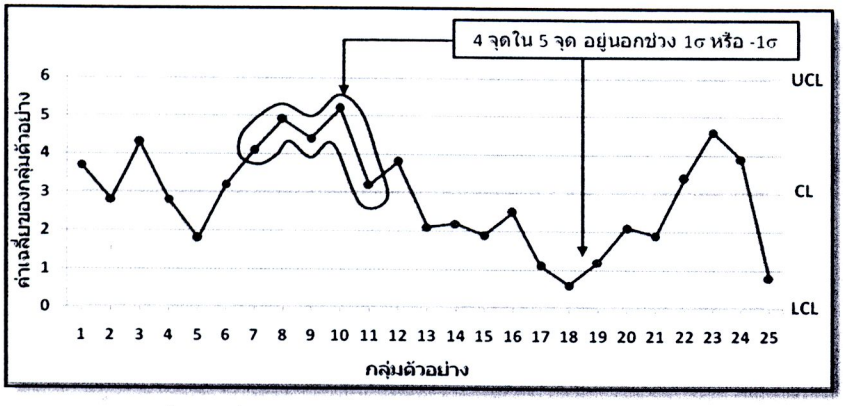
4.2) จุดที่พล็อตบนแผนภูมิควบคุมมี 2 จุดใน 3 จุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน โดยอยู่ในช่วงระหว่าง 2σ (Upper warning limit; UWL) ถึง 3σ หรือระหว่าง -2σ (Lower warning limit; LWL) ถึง -3σ

กฎข้อนี้เป็นการช่วยเพิ่มความไวในการวิเคราะห์เมื่อจุดตกเกินขีดจำกัดควบคุม $\pm 2\sigma$ (Warning limits) แต่ไม่เกิน $\pm 3\sigma$ หรือตกอยู่ในเขต A ซึ่งถ้าเกิดเหตุการณ์แบบนี้จริง เจ้าหน้าที่หรือผู้รับผิดชอบงานด้านคุณภาพต้องเพิ่มความถี่ในการสุ่มตัวอย่างให้มากขึ้นเพื่อตรวจให้แน่ใจว่ากระบวนการผลิตออกนอกสภาวะการควบคุมจริงๆ



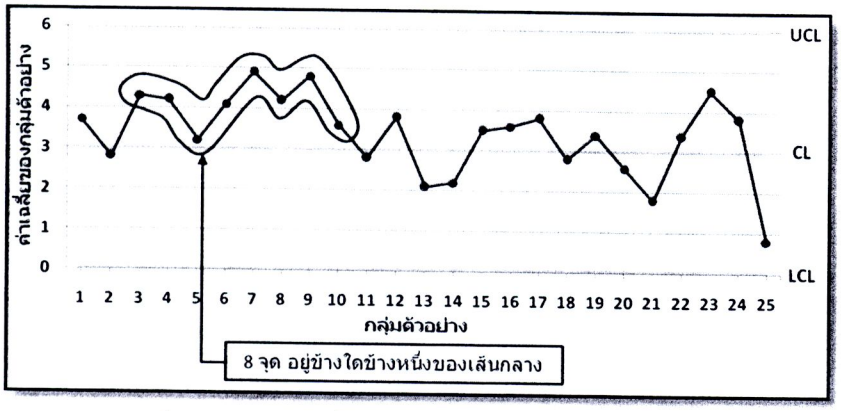
รูป 2.20 แผนภูมิควบคุมที่มีจุดที่พล็อตบนแผนภูมิควบคุมมี 2 จุดใน 3 จุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน โดยอยู่ในช่วงระหว่าง 2σ ถึง 3σ หรือระหว่าง -2σ ถึง -3σ

4.3) จุดที่พล็อตบนแผนภูมิควบคุมมี 4 จุดใน 5 จุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน อยู่นอกช่วงของ 1σ หรือ -1σ



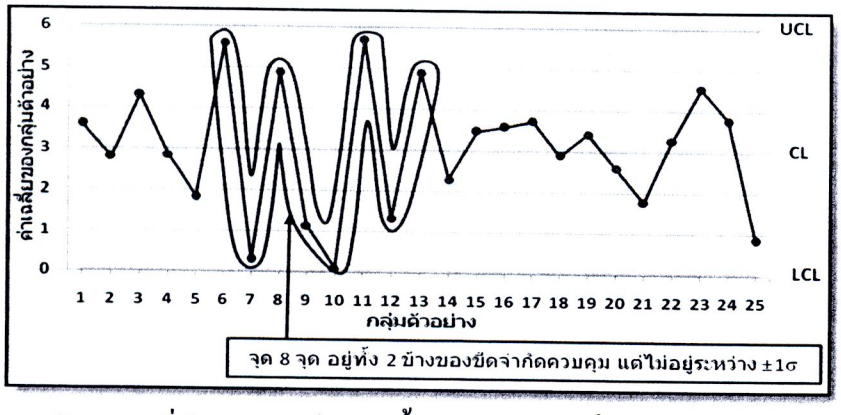
รูป 2.21 แผนภูมิควบคุมที่มีจุดที่พล็อตบนแผนภูมิควบคุมมี 4 จุดใน 5 จุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน อยู่นอกช่วงของ 1σ หรือ -1σ

4.4) จุด 8 จุดต่อเนื่องกันพล็อตอยู่เหนือเส้นกึ่งกลาง หรืออยู่ใต้เส้นกึ่งกลาง ซึ่งเรียกว่า “รัน (Run)”



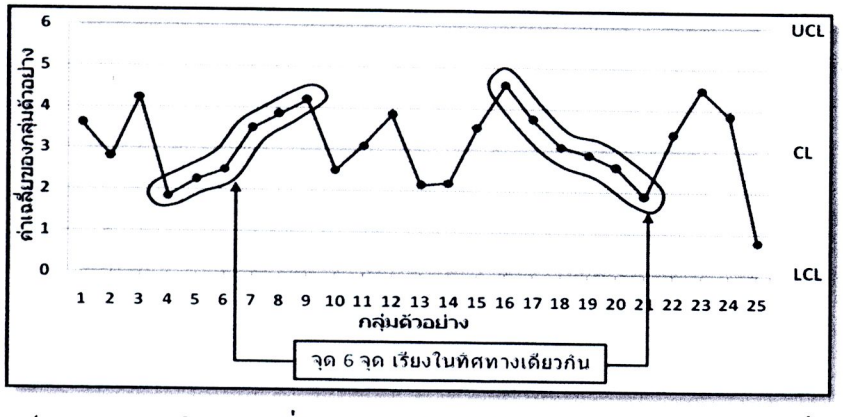
รูป 2.22 แผนภูมิควบคุมที่มีจุด 8 จุดต่อเนื่องกันพล็อตอยู่เหนือเส้นกึ่งกลาง หรืออยู่ใต้เส้นกึ่งกลาง

4.5) จุด 8 จุดพล็อตอยู่ทั้ง 2 ข้างของเส้นกึ่งกลาง แต่ไม่ได้อยู่ระหว่าง $\pm 1\sigma$



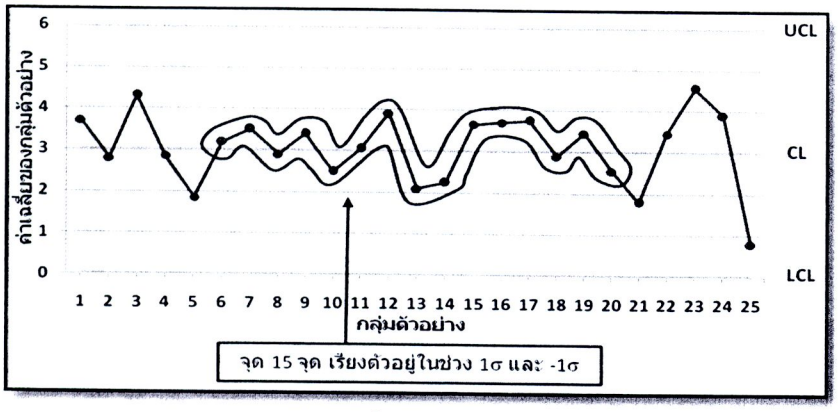
รูป 2.23 แผนภูมิควบคุมที่มีจุด 8 จุดพล็อตอยู่ทั้ง 2 ข้างของเส้นกึ่งกลาง แต่ไม่ได้อยู่ระหว่าง $\pm 1\sigma$

4.6) จุด 6 จุดเรียงตัวในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า “แนวโน้ม (Trends)”



รูป 2.24 แผนภูมิควบคุมที่มีจุด 6 จุดเรียงตัวในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

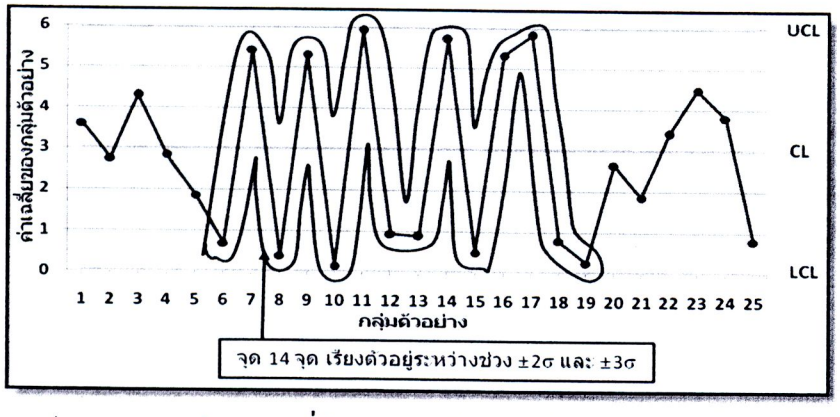
4.7) จุด 15 จุดเรียงตัวอยู่ภายใน ±1σ



รูป 2.25 แผนภูมิควบคุมที่มีจุด 15 จุดเรียงตัวอยู่ภายใน ±1σ

4.8) จุด 14 จุดเรียงตัวอยู่ระหว่าง ±2σ และ ±3σ

กล่าวคือ จุดอยู่ใกล้ขีดจำกัดการควบคุม สาเหตุเกิดได้จากพนักงานคนละคนกันแต่บันทึกแผนภูมิแผ่นเดียวกัน การใช้แผนภูมิควบคุมเพียงแผ่นเดียว แต่บันทึกข้อมูลจาก 2 เครื่องจักร วิธีการทดสอบหรือเครื่องมือวัดแตกต่างกัน และคุณภาพวัตถุดิบแตกต่างกันมาก

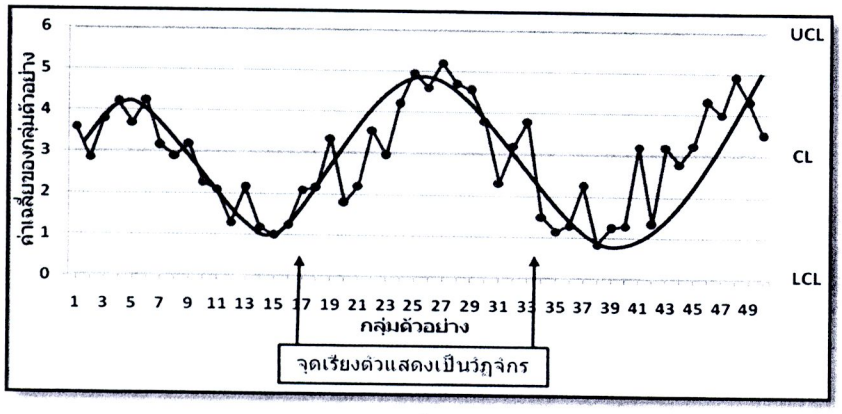


รูป 2.26 แผนภูมิควบคุมที่มีจุด 14 จุดเรียงตัวอยู่ระหว่าง ±2σ และ ±3σ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

4.9) จุดแสดงวัฏจักร (Cycle)

เกิดได้จากผลของฤดูกาลจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิต ผลของอุณหภูมิหรือความชื้นที่เกิดขึ้นในระหว่างวัน (ตอนเช้าอุณหภูมิเย็นกว่ากลางวัน) หรือพนักงานจากคนละกะ



รูป 2.27 แผนภูมิควบคุมที่มีจุดแสดงวัฏจักร (Cycle)

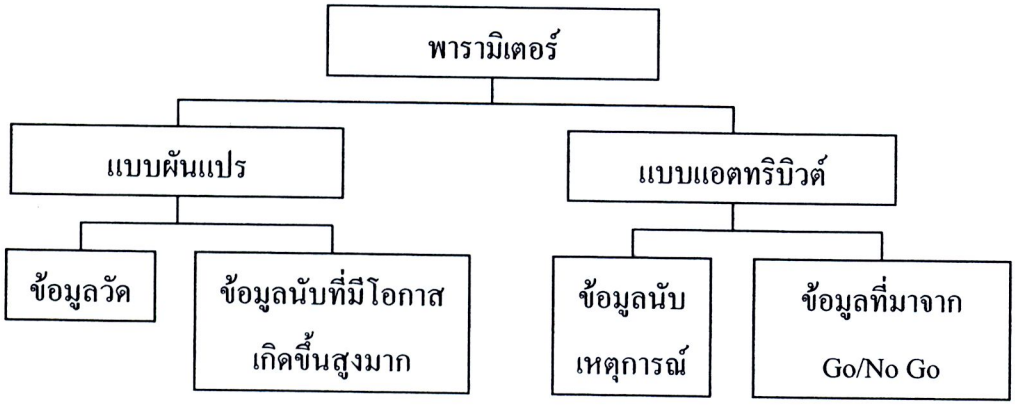
2.1.2.2. การเลือกใช้แผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมจำแนกได้ตามพารามิเตอร์ของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุม ซึ่งพารามิเตอร์อาจจำแนกออกเป็นแบบผันแปร (variable) และแบบแอตทริบิวต์ (attribute) ดังนั้น จะจำแนกแผนภูมิควบคุมได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1) แผนภูมิควบคุมสำหรับพารามิเตอร์แบบผันแปร (variable control chart) ที่จะได้รับการประเมินผลด้วยข้อมูลจากการวัด ซึ่งอาจเรียกว่าแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลวัดก็ได้

2) แผนภูมิควบคุมสำหรับพารามิเตอร์แบบแอตทริบิวต์ (attribute control chart) ที่จะได้รับการประเมินผลด้วยข้อมูลจากการนับ ซึ่งอาจเรียกว่าแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลนับก็ได้

ดังแสดงในรูป 2.28



รูป 2.28 ความสัมพันธ์ของข้อมูลกับพารามิเตอร์

2.1.2.3. ประเภทของแผนภูมิควบคุม

(1) แผนภูมิควบคุมแบบผันแปร

เป็นแผนภูมิควบคุมที่อาศัยการควบคุมด้วยข้อมูลที่มีความผันแปร และสามารถประเมินค่าแบบต่อเนื่องได้ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1.1) ข้อมูลที่ได้จากการวัดของตัวอย่างแบบกลุ่มย่อย

ประกอบด้วยแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ และ $\overline{X} - S$ ซึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมตัวอย่างแบบกลุ่มย่อย หรือระบบการผลิตแบบล็อต ที่มีความจำเป็นต้องทำการควบคุมความผันแปรภายในกลุ่มย่อย หรือความสามารถในการทำซ้ำ (repeatability) ของกลุ่มย่อยก่อน และถ้าทุกล็อตมีความผันแปรภายในกลุ่มย่อยที่สม่ำเสมอ (consistency) จึงทำการพิจารณาถึงการควบคุมกระบวนการต่อไป โดยปกติแล้วถ้าขนาดของกลุ่มย่อยมีจำนวนไม่เกิน 10 ตัวแล้ว จะใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ มิฉะนั้นแล้วจะใช้ $\overline{X} - S$

1.2) ข้อมูลที่ได้จากการวัดตัวอย่างอิสระ

แผนภูมิควบคุมประเภทนี้อาจเรียกว่า I (individual chart) หรือ X-MR (moving range chart) ซึ่งจะมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างแบบอิสระ หรือระบบการผลิตแบบแบทช์ (batch) โดยที่กระบวนการแบบนี้จะมีความสามารถในการทำซ้ำสูงมาก จึงไม่มีความจำเป็นต้องทำการควบคุมค่าสม่ำเสมอของความผันแปรภายในกลุ่มย่อย และมีความจำเป็นต้องประเมินค่าความผันแปรจากวิธีการพิสัยแบบเคลื่อนที่เพื่อการประเมินการควบคุมกระบวนการแบบแบชต่อแบช

1.3) ข้อมูลจากการนับภายใต้โอกาสการเกิดขึ้นมีค่าสูงมาก

โดยปกติแล้ว ข้อมูลนับจะมีความเหมาะสมกับแผนภูมิควบคุมแบบแอตทริบิวต์ แต่สำหรับกรณีที่ข้อมูลดังกล่าวมาจากการนับภายใต้โอกาสเกิดขึ้นสูงมาก เช่น การตรวจจับสัญญาณผิดพลาดของข้อมูลทั้งวัน การสำรวจจำนวนลูกค้าที่ไม่พึงพอใจทั้งประเทศ ฯลฯ ทั้งนี้รวมถึงข้อมูลที่เป็นอัตราส่วน (ratio) ที่ไม่ใช่สัดส่วน (proportion) ด้วย เช่น อัตราส่วนของงานที่ซ่อมแซมในแต่ละวันต่องานทั้งหมดที่ทำการผลิตในแต่ละวัน ทั้งนี้เพราะงานที่ซ่อมแซมในแต่ละวันไม่ได้มีความจำเป็นต้องมาจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในแต่ละวัน

ภายใต้สถานการณ์เช่นนี้ ถือว่าข้อมูลดังกล่าวมีค่าค่อนข้างจะผันแปรแบบต่อเนื่องและถือเป็นข้อมูลอิสระ จึงควรใช้แผนภูมิควบคุมแบบ X-MR

(2) แผนภูมิควบคุมแบบแอตทริบิวต์

เป็นแผนภูมิควบคุมที่อาศัยการควบคุมข้อมูลที่ได้มาจากการนับของพารามิเตอร์แบบแอตทริบิวต์ หรือพารามิเตอร์แบบผันแปรที่แปลงข้อมูลด้วยการใช้เกณฑ์ประเมินผลแบบ Go/No Go และสามารถจำแนกข้อมูลจากการนับออกเป็นข้อมูล 2 แบบ ดังนี้

2.1) ข้อมูลแบบไบโนเมียล (binomial)

มีลักษณะสำคัญคือ ภายใต้โอกาสในการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง จะประกอบด้วยตัวงานที่แตกต่างกัน n ตัว ซึ่งงานที่แตกต่างกัน n ตัวนี้ จะได้รับการจำแนกออกเป็นงานที่มีความถูกต้อง และงานที่ไม่ถูกต้อง โดยลักษณะที่ไม่ถูกต้องนี้มักจะหมายถึงความไม่ตรงต่อข้อกำหนดเฉพาะ และงานที่แตกต่างกัน n ตัว แต่ละตัวจะมีโอกาสที่จะได้รับการนับเท่าๆ กัน โดยที่ข้อมูลแต่ละตัวมีความอิสระต่อกัน

ภายใต้ข้อมูลแบบนี้มักจะได้รับความนิยมเรียกว่า จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง หรือจำนวนของเสีย ซึ่งถ้าหากทุกครั้งที่มีการนับจะอยู่ภายใต้ n ที่เท่ากัน จะทำการควบคุมด้วยข้อมูลที่แสดงถึงจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (np chart) และถ้าหาก n มีความแตกต่างกันแล้ว ก็จะทำการควบคุมด้วยข้อมูลที่แสดงถึงค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p chart) และทั้งนี้จะต้องระวังถึงความหมายของข้อมูลประเภทสัดส่วนด้วย เพราะถ้าเป็นสัดส่วน จำนวนนับที่ได้และนำมาคำนวณสัดส่วนจะต้องได้รับผลมาจากจำนวนทั้งหมดที่ทำการนับ (n) เท่านั้น

2.2) ข้อมูลแบบปัวซอง (poisson)

คุณลักษณะเฉพาะของข้อมูลชนิดนี้คือ ค่านับจะเป็นเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง โดยเหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดในช่วงที่กำหนดไว้อย่างดีและชัดเจน ซึ่งอาจจะเป็นพื้นที่หรือเวลา และถือว่าพื้นที่หรือเวลานี้เป็นโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ โดยเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีความอิสระต่อกัน และความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์จะเป็นสัดส่วนกับขนาดของโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ และเหตุการณ์เกิดขึ้นไม่ค่อยบ่อย

ดังนั้นข้อมูลประเภทนี้จะได้รับการเรียกว่า ข้อบกพร่อง (nonconformity) หรือตำหนิ (defect) และถ้าหากมีการนับเหตุการณ์ภายใต้โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ที่เท่ากันแล้ว จะทำการควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุมที่ควบคุมจำนวนเหตุการณ์หรือข้อบกพร่อง (c chart) แต่ถ้าหากโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ที่ทำการนับเหตุการณ์นั้นมีความผันแปรแล้ว จะทำการควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุมที่ควบคุมค่าสัดส่วนของข้อบกพร่องต่อหน่วยโอกาสในการเกิด (u chart) สำหรับกรณีที่เหตุการณ์ที่นับได้นี้เกิดขึ้นค่อนข้างบ่อย จะทำให้สามารถประมาณค่านับดังกล่าวให้เป็นค่าผันแปรที่มีความต่อเนื่องได้ ในกรณีนี้ควรใช้แผนภูมิ X-MR เพราะจะมีความไวต่อการตรวจจับความผันแปรที่ผิดธรรมชาติได้มากกว่า สรุปได้ดังตาราง 2.5

ตางราง 2.5 ประเภทและคุณสมบัติของแผนภูมิควบคุม

ประเด็น / ประเภทแผนภูมิ	การใช้งาน	ข้อมูลที่ต้องการ	จำนวนตัวอย่าง	หมายเหตุ
np	- ควบคุมผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ตรงตามเกณฑ์	- สอดคล้องกับเงื่อนไขของไบโนเมียล	- คงที่ - ตัวอย่างต้องมีโอกาสในการเกิดเหตุการณ์เท่ากัน	
p	- ควบคุมผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ตรงตามเกณฑ์ (สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง)	- สอดคล้องกับเงื่อนไขของไบโนเมียล	- ข้อมูลมีความผันแปรที่สะท้อนถึงการเปลี่ยน แปลงในโอกาสที่เกิดเหตุการณ์	- ข้อมูลที่ใช้พล็อตต้องหมายถึงสัดส่วน
C	- ควบคุมเหตุการณ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดเฉพาะ (ตำหนิ)	- สอดคล้องกับเงื่อนไขของปัวซอง	- คงที่ - ตัวอย่างต้องมีโอกาสในการเกิดเหตุการณ์เท่ากัน	
u	- ควบคุมเหตุการณ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดเฉพาะ (อัตราของตำหนิ)	- สอดคล้องกับเงื่อนไขของปัวซอง	- ข้อมูลมีความผันแปรที่สะท้อนถึงการเปลี่ยน แปลงในโอกาสที่เกิดเหตุการณ์	- ข้อมูลที่ใช้พล็อตต้องหมายถึงอัตราส่วนที่มีค่าไม่มากนัก
X-MR	- ควบคุมค่าวัดจากแบทช์ที่มีความสามารถในการซ้ำสูง - ควบคุมค่านับที่สามารถประมาณค่าเป็นต่อเนื่อง	- ข้อมูลเป็นแบบปกติ ที่ต้องไม่สอดคล้องกับไบโนเมียลหรือปัวซอง	- ขนาดเท่ากับ 1 หรือมีค่าคงที่ถ้าใช้ประมาณแทน c และ np หรือต้องผันแปรถ้าใช้ประมาณแทน u และ p	- ข้อมูลที่ใช้พล็อตต้องหมายถึงอัตราส่วน
$\bar{X} - R$	- ควบคุมค่าวัดจากล็อตที่มีความสามารถในการซ้ำต่ำ (ต้องควบคุมความผันแปรภายในกลุ่ม)	- ข้อมูลเป็นแบบปกติ ที่ต้องไม่สอดคล้องกับไบโนเมียลหรือปัวซอง	- ขนาดคงที่ - ขนาดของกลุ่มย่อยต่ำกว่า 10	
$\bar{X} - S$	- ควบคุมค่าวัดจากล็อตที่มีความสามารถในการซ้ำต่ำ (ต้องควบคุมความผันแปรภายในกลุ่ม)	- ข้อมูลเป็นแบบปกติ ที่ต้องไม่สอดคล้องกับไบโนเมียลหรือปัวซอง	- ขนาดคงที่ - ขนาดของกลุ่มย่อยเกิน 10	

2.1.3. เทคนิคการสุ่มตัวอย่างเบื้องต้น

ในการควบคุมคุณภาพนั้น วิธีการสุ่มตัวอย่างจะเป็นวิธีการที่มีความสำคัญมากสำหรับการดึงตัวอย่างที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของประชากรออกมาเพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะที่สนใจ และตัดสินใจเกี่ยวกับประชากรนั้น โดยเงื่อนไขสำคัญของการสุ่มตัวอย่าง คือ กระบวนการหรือล็อตจะต้องมีคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกันด้วยสาเหตุโดยธรรมชาติของความผันแปร หรือกล่าวอีกประการหนึ่งว่า ประชากรต้องมีคุณลักษณะที่ศึกษาที่มีความใกล้เคียงกัน (Homogeneous)

วิธีการในการสุ่มตัวอย่างจากประชากรเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ประกอบประกอบด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างที่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น (Probability Sampling) และวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ไม่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) วิธีการที่ได้รับความนิยมค่อนข้างมากในการควบคุมคุณภาพจะประกอบด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างที่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น ดังนี้

2.1.3.1) การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสมกับประชากรที่สมาชิกมีคุณลักษณะที่สนใจที่มีความใกล้เคียงกัน (แตกต่างกันด้วยสาเหตุโดยธรรมชาติของความผันแปร) และมีขนาดไม่ใหญ่นัก การสุ่มตัวอย่างจะอาศัยหลักการของการให้โอกาสเท่าๆ กันแก่สมาชิกทุกตัวในประชากรที่จะได้รับเลือกมาเป็นตัวอย่าง ข้อดีของวิธีการนี้คือ มีความง่ายและสะดวกในการประยุกต์ใช้ตลอดจนเป็นวิธีการที่ทำให้การประมาณค่าได้ง่าย แต่ก็มีข้อเสียคือไม่เหมาะกับประชากรที่มีคุณลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างกันมาก หรือมีค่าใช้จ่ายสูง เพราะมีการใช้ขนาดตัวอย่างค่อนข้างใหญ่

2.1.3.2) การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling)

เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสมกับประชากรที่มีสมาชิกมีคุณลักษณะที่สนใจใกล้เคียงกัน และได้รับการแบ่งออกตามช่วงเวลา เช่น อุตสาหกรรมแบบกระบวนการ หรือแบ่งออกตามหน่วยชิ้นงาน เช่น อุตสาหกรรมประกอบ โดยวิธีการนี้มีความสะดวกและง่ายต่อการสุ่มตัวอย่างกว่าวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย แต่ก็มีข้อเสียคือมีโอกาสที่จะมีความลำเอียงจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องสูง เช่น การตั้งใจผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับการเลือกเป็นตัวอย่าง เป็นต้น

2.1.3.3) การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่มใช้เมื่อประชากรมีขนาดใหญ่มาก แต่มีงบประมาณและเวลาจำกัด ในขณะที่ต้องการให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับประชากรมากที่สุด ในการสุ่มตัวอย่างจะทำการแบ่งประชากรออกเป็น M กลุ่ม โดยหน่วยตัวอย่างภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มมีลักษณะคละกัน และ

ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แล้วจึงทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน m กลุ่ม เรียกว่า การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นเดียว (Single-Stage Cluster Sampling) แต่ถ้าขนาดประชากรในแต่ละกลุ่มยังมีขนาดใหญ่ ต้องการแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็นครั้งที่สอง แล้วจึงสุ่มตัวอย่างจะเรียกการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม 2 ชั้น (Two-Stage Cluster Sampling) หรือต้องการย่อยลงไปอีกเรื่อยๆ ก็จะเป็นการสุ่มแบบหลายชั้น (Multi-Stage Cluster Sampling)

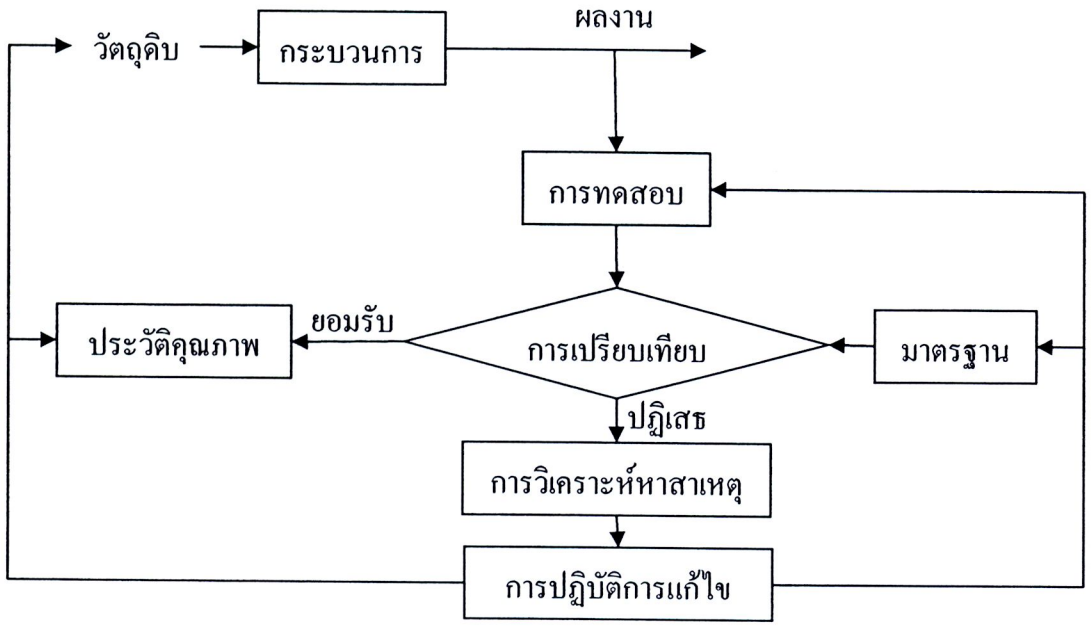
เทคนิคการสุ่มตัวอย่างที่นิยมใช้ในการควบคุมคุณภาพของโรงงานอุตสาหกรรมที่พบว่ามีการนำมาใช้มากกว่าเทคนิคอื่นๆ คือการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ เพราะลักษณะหน่วยข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมจะเหมาะกับเทคนิคดังกล่าว

2.1.4. การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ

ในการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ มีความจำเป็นจะต้องเลือกวิธีการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

- การป้องกันผู้บริโภคจากการรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง
- การป้องกันผู้ผลิตจากการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ดี
- การกำหนดประวัติคุณภาพ
- การนำข้อมูลป้อนกลับเพื่อการควบคุมกระบวนการ
- แรงกระตุ้นทางด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านจิตวิทยา และด้านกุศโลบายต่อผู้ผลิต ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต

โดยจะต้องเกิดจากการกำหนดวิธีการตรวจสอบผลงานแบบวงจรปิด ดังรูป 2.29



รูป 2.29 แผนการตรวจสอบผลงานแบบวงจรปิดสำหรับการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ

โดยปกติ ประเภทของการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) การตรวจสอบแบบ 100%

หมายถึง การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทีละหน่วย ทุกหน่วย

2) การตรวจสอบเป็นครั้งคราว (Spot-check Inspection)

หมายถึง การตรวจสอบแบบเลือกตามใจชอบโดยไม่ได้วางอยู่บนเกณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การตรวจสอบชิ้นงานชิ้นแรก (First-item Inspection) การตรวจสอบงานชิ้นสุดท้าย (End-item Inspection) และการตรวจสอบแบบลาดตระเวน (Patrol Inspection) เป็นต้น

3) การให้คำรับรอง (Certification)

หมายถึง การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับโดยการให้วิศวกรหรือสถาบันที่ลูกค้าให้การยอมรับเป็นผู้ออกแบบใบประกาศนียบัตรรับรองคุณภาพให้

4) การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling)

หมายถึง การตรวจสอบตัวอย่างที่เลือกขึ้นมาจากงานทั้งหมดโดยวิธีการทางสถิติด้วยกฎของความน่าจะเป็น และอาศัยคุณลักษณะของตัวอย่างที่ตรวจสอบได้ในการอธิบายคุณลักษณะของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการตัดสินใจ

2.1.5. ระดับคุณภาพที่ยอมรับ (Acceptable Quality Level; AQL)

หมายถึง ระดับของคุณภาพที่ใช้เป็นจุดประสงค์ของการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง ซึ่งถือให้เป็นค่าเฉลี่ยความบกพร่อง ที่ยอมให้เกิดในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการตรวจสอบล็อตอย่างต่อเนื่อง

ในการกำหนดค่า AQL จะกำหนดภายใต้ค่าความเสี่ยงที่ยอมให้เกิดจากการสุ่มตัวอย่าง โดยค่า AQL จะหมายถึงข้อบกพร่องต่อร้อยหน่วยของผลิตภัณฑ์ หรือจำนวนร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีในล็อต ซึ่งจะทำให้มีโอกาสมากที่สุดในการยอมรับล็อต

ในความต้องการของมาตรฐาน MIL – STD – 105E (เป็นมาตรฐานที่ประกันคุณภาพด้วยระดับ AQL) กำหนดให้มีการใช้ AQL กับอักษรรหัสของตัวอย่าง และเจตนาของมาตรฐานมิได้มีความหมายให้ผู้ส่งมอบนำผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องมารวมไว้ในล็อตที่ทำการตรวจสอบ แต่ทั้งนี้เป็นเพียงการยอมให้เกิดเพียงเพื่อรองรับความไม่แน่นอนจากระบบการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมแล้วเท่านั้น

นอกจากนี้ ค่า AQL ในมาตรฐาน MIL – STD – 105E นี้ ยังสามารถกำหนดเป็น AQL รวมของกลุ่มข้อบกพร่อง หรือแยกเป็น AQL ของข้อบกพร่องแต่ละรายการ แต่ถ้ากำหนด AQL ของข้อบกพร่องแต่ละรายการแล้ว ก็ควรเพิ่ม AQL รวมของกลุ่มข้อบกพร่องไว้ด้วย ซึ่งค่าของ AQL ที่ไม่เกิน 10% นั้น สามารถใช้ได้กับจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง คิดเป็นร้อยละหรือข้อบกพร่องต่อร้อยหน่วยของผลิตภัณฑ์ สำหรับกรณีที่ AQL มากกว่า 10% ให้ระบุเป็นข้อบกพร่องต่อร้อยหน่วยของผลิตภัณฑ์เท่านั้น

ค่า AQL ที่ระบุไว้ในมาตรฐาน MIL – STD – 105E เป็นค่า AQL ที่นิยม ซึ่งมีการกำหนดตามอนุกรมเรขาคณิตขนาด $\sqrt[5]{10}$ หรือเท่ากับ 1.58489 โดยเริ่มจาก 0.01% ในกรณีที่ค่า AQL ไม่ตรงกับ AQL ที่นิยม ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐาน ก็ไม่สามารถใช้มาตรฐานนี้ได้ จึงต้องปรับค่า AQL ที่ระบุให้ตรงกับค่า AQL โดยมาตรฐาน

ในการตรวจสอบที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องนั้น การกำหนดค่า AQL จะขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องที่ตรวจ โดย Mitra (1993) แนะนำให้ใช้ค่า AQL ไม่เกิน 0.01% สำหรับข้อบกพร่องวิกฤต 1.0% สำหรับข้อบกพร่องสำคัญ และ 2-4% สำหรับข้อบกพร่องย่อย และถ้ามีการตรวจสอบพร้อมกัน ให้กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับขนาดตัวอย่างที่ใหญ่ที่สุดของแต่ละระดับความรุนแรงของข้อบกพร่อง

2.1.6. การกำหนดระดับคุณภาพ AQL และ LQ

AQL ซึ่งแม้ว่าจะเป็นระดับคุณภาพที่ประกันความเสี่ยงให้กับผู้ผลิต แต่ค่า AQL จะได้รับการกำหนดโดยผู้บริโภค ซึ่งกำหนดจากค่าที่คาดหมายว่าจะให้ล็อตที่มีคุณภาพดังกล่าวได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการตรวจสอบ นอกจากนี้ค่า AQL ก็อาจจะได้จากการตกลงร่วมกันระหว่าง

ผู้ผลิตกับผู้ซื้อด้วยการเจรจาต่อรองเรื่องราคา ดังนั้น ผู้ผลิตจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของค่า AQL ดังกล่าวเพื่อการเจรจาต่อรองด้านราคา

การพิจารณาค่า AQL สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน อย่างเช่นวิธีการประเมินจากประวัติคุณภาพและความสามารถของกระบวนการ ในการกำหนดค่า AQL นั้น ควรจะเริ่มต้นจากค่าเฉลี่ยของความบกพร่องที่ดีที่สุดในขณะนั้น ประกอบการประมาณการจากวิศวกรรม โดยแนวทางหนึ่งคือการพิจารณาจากประวัติคุณภาพผู้ผลิตด้วยดัชนีแสดงความสามารถกระบวนการ C_p และ C_{pk} หรืออาจจะทำการประเมินศักยภาพของกระบวนการสำหรับกระบวนการของผลิต

แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษา C_p และ C_{pk} ของผู้ผลิตนั้น ควรจะใช้เป็นแนวทางในการเริ่มต้นกำหนดค่า AQL สำหรับผู้บริโภคนั้น แต่ผู้บริโภคจะนำค่าดังกล่าวมากำหนดเป็น AQL ที่เหมาะสมไม่ได้ เพราะ AQL ที่ดีจะต้องสะท้อนถึงระดับคุณภาพที่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจ ในการนี้หากมีความเป็นไปได้ ควรจะมีการศึกษาถึงศักยภาพของกระบวนการผลิตของผู้บริโภคเพื่อพิจารณาว่าต้องการคุณภาพของวัตถุดิบอยู่ในระดับใด

2.1.7. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

2.1.7.1) ข้อมูลแอตทริบิวต์ (โดยวิธีการนับ)

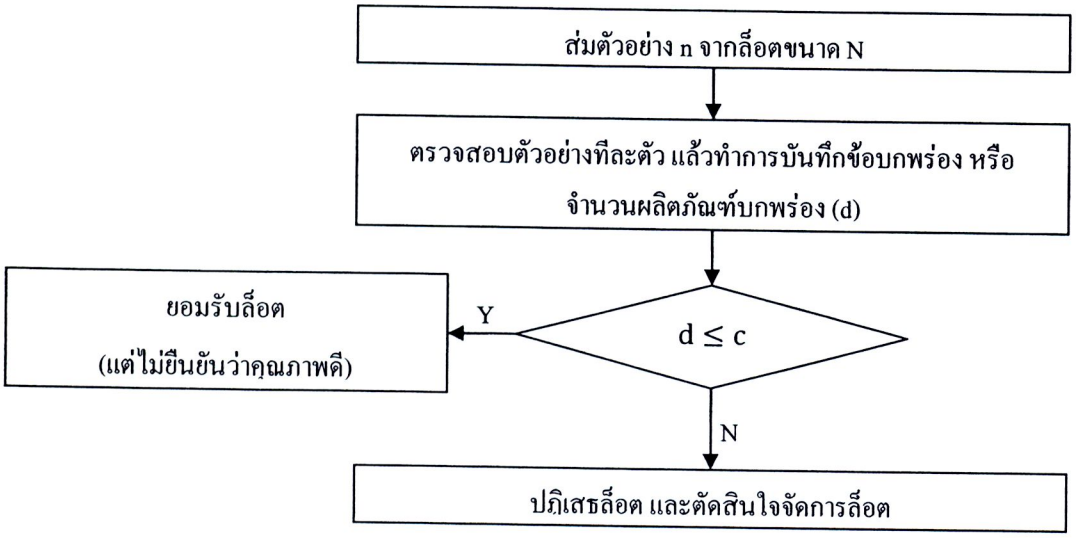
ภายใต้เทคนิคของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับนี้ ผู้ตัดสินใจจะต้องพิจารณาถึงจำนวนของขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาจากล็อตที่กำหนด พร้อมระบุถึงเกณฑ์การปฏิเสธคุณภาพดังกล่าว โดยจะเรียกผลรวมของสิ่งเหล่านี้ว่า แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ และในบางครั้ง อาจจะมีการรวบรวมแผนการสุ่มตัวอย่างหลายๆ แผนไว้ด้วยกันเพื่อให้ผู้ตัดสินใจเลือกแผนการมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประสิทธิผลสูงที่สุด ซึ่งจะเรียกการรวบรวมแผนการเหล่านี้ว่า แบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

โดยทั่วไปแล้ว จะจำแนกประเภทของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบล็อตต่อล็อต สำหรับข้อมูลแบบแอตทริบิวต์ตามลำดับของการตัดสินใจออกเป็น 4 ประเภท คือ แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Single Sampling Plan) แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ (Double Sampling Plan) แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง (Multiple Sampling Plan) และแผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับ (Sequential Sampling Plan)

(1) แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว

ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างประเภทนี้ จะทำการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มขนาด n ตัว จากล็อตขนาด N ตัวเพื่อทำการตรวจสอบแล้วบันทึกถึงจำนวนข้อบกพร่องหรือจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (d) เพื่อการพิจารณาว่ามากกว่าตัวเลขแห่งการยอมรับ (Acceptance Number; c) หรือไม่

เพื่อการปฏิเสธล็อต มิฉะนั้นให้ยอมรับล็อต (เนื่องจากไม่มีเหตุผลที่เพียงพอในการปฏิเสธคุณภาพของล็อต) ดังแสดงแผนภาพการตัดสินใจในรูป 2.30



รูป 2.30 การตัดสินใจของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว

โดยปกติแล้วแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวนี้จะมีข้อดีคือ มีความง่ายต่อการจัดการและให้คำแนะนำแก่ผู้ตรวจสอบ มีค่าใช้จ่ายในการสุ่มตัวอย่างค่อนข้างต่ำตลอดจนมีการบันทึกผลการตรวจสอบค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามแผนการนี้มีข้อเสียคือ อาจจะใช้จำนวนตัวอย่างมากเกินความจำเป็น ถ้าหากคุณภาพของล็อตดีหรือเลวเกินไป ดังนั้นจึงควรใช้แผนการเชิงเดี่ยวนี้กับกรณีที่ไม่ทราบประวัติของคุณภาพล็อตมาก่อน ตลอดจนกรณีที่ทราบว่าประวัติคุณภาพของล็อตไม่ดีมากนัก

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว สามารถดำเนินการได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบมีความเข้าใจและคุ้นเคยกับวิธีการใด สำหรับในที่นี้จะเสนอ 3 วิธีการ ดังนี้

(ก) วิธีการลองผิดลองถูก

ภายใต้วิธีการนี้ จะอาศัยการสร้างสมการ 2 สมการจากจุดที่สนใจ 2 จุดบนเส้นโค้งโอซี คือ $(p_1, 1-\alpha)$ และ (p_2, β) เมื่อกำหนดให้ p_1 และ p_2 แทนระดับคุณภาพที่ AQL และ LTPD โดยลำดับ จะได้สมการคือ

$$\text{ที่ } p = p_1; \quad 1-\alpha = \sum_{d=0}^{c} \frac{n!}{d!(n=d)!} p_1^d (1-p_1)^{n-d} \qquad (2.8)$$

$$\text{ที่ } p = p_2; \quad \beta = \sum_{d=0}^{c} \frac{n!}{d!(n=d)!} p_2^d (1-p_2)^{n-d} \qquad (2.9)$$

(ข) วิธีการใช้อัตราส่วนการปฏิบัติการ

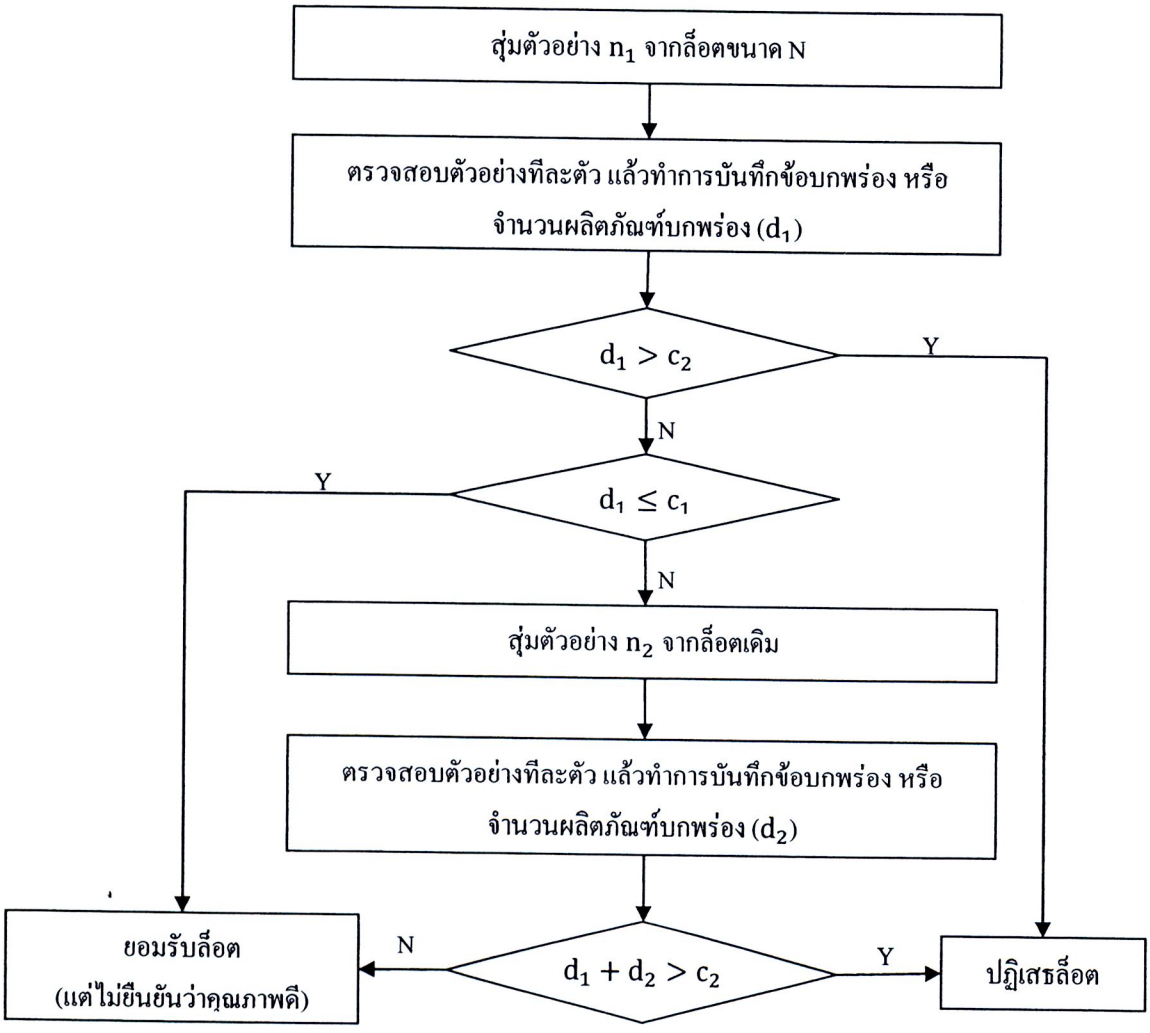
ด้วยวิธีการทำนองเดียวกับวิธีการลองผิดลองถูก ได้มีนักวิชาการจำนวนมากได้สร้างตาราง เพื่อให้นักออกแบบได้มีความสะดวกในการเลือกแผนการตามค่าอัตราส่วนการปฏิบัติการ (R) (Stephens, 2001)

(ค) วิธีการใช้ Nomograph

นักวิชาการจำนวนมากได้สร้าง Nomograph ขึ้นมาสำหรับการประมาณค่าอย่างคร่าวๆ ของความน่าจะเป็นแบบไบโนเมียลและปัวส์ซอง โดย Nomograph ที่ได้รับความนิยมมากตัวหนึ่ง คือ Nomograph ที่แสดงถึงความน่าจะเป็นสะสมแบบไบโนเมียลของ Larson (1966) โดย Nomograph ดังกล่าวจะมีสเกลด้านซ้ายแสดงถึงค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) และสเกลด้านขวาแสดงถึงความน่าจะเป็นแบบสะสมของไบโนเมียลภายใต้ค่า n และ c หรือค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับล็อตนั่นเอง

(2) แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่

ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างประเภทนี้ ผู้ตัดสินใจจะมีการตัดสินใจเพื่อการปฏิเสธคุณภาพของล็อตจำนวน 2 ครั้ง กล่าวคือ ในครั้งแรก (ด้วยขนาดตัวอย่างจำนวนหนึ่ง; n_1) จะพิจารณาว่าจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องมากกว่าตัวเลขแห่งการยอมรับโดยรวม (c_2) หรือไม่ ถ้ามากกว่าให้ทำการปฏิเสธล็อตทันที แต่ถ้าไม่เกินตัวเลขแห่งการยอมรับของการตรวจสอบครั้งแรก (c_1) ให้ยอมรับล็อต (ไม่ยืนยันว่าคุณภาพของล็อตดีจริง) แต่ถ้าหากไม่สามารถตัดสินใจได้ (กรณีที่ $c_1 < d \leq c_2$) จะมีการตัดสินใจครั้งที่สอง (ด้วยขนาดตัวอย่างอีกจำนวนหนึ่ง; n_2) ถ้าจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยรวมมากกว่าตัวเลขแห่งการยอมรับโดยรวม (c_2) ให้ปฏิเสธคุณภาพของล็อตมิฉะนั้นให้ยอมรับล็อต (แต่ไม่ยืนยันว่าคุณภาพดีจริง) โดยการตัดสินใจนี้สรุปได้ดังรูป 2.31



รูป 2.31 การตัดสินใจของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่

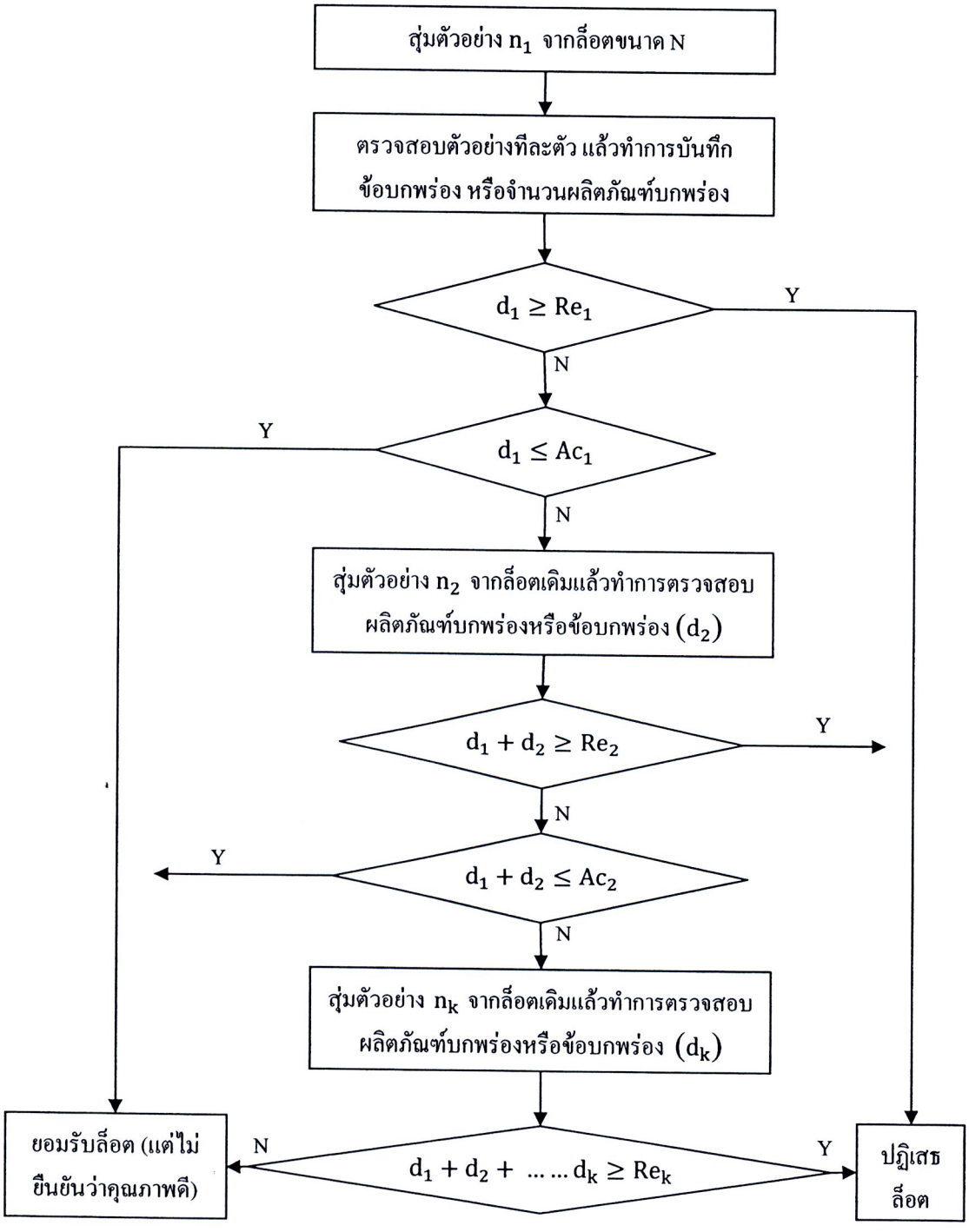
โดยปกติแล้ว แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเชิงคู่นี้มีข้อดี คือ จะใช้จำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ยแล้วมีจำนวนน้อยกว่ากรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว เมื่อคุณภาพของล็อตดีมากหรือเลวมาก นอกจากนี้แล้วยังมีข้อดีในด้านจิตวิทยาที่ดูเหมือนว่า มีโอกาสถึงสองครั้งสำหรับการตัดสินใจเกี่ยวกับล็อต (ในทางสถิติแล้ว โอกาสในการยอมรับล็อตสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่จะเท่ากับโอกาสในการยอมรับล็อตสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว) อย่างไรก็ตาม แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่นี้มีข้อเสียที่สำคัญ คือ มีความยากต่อการจัดการและการให้คำแนะนำ (เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว) และในความยากต่อการจัดการและการให้คำแนะนำ (เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว) และในกรณีที่ไม่ทราบประวัติของคุณภาพล็อตว่าคุณภาพของล็อตไม่ดีพอหรือเลวพอแล้ว จำนวนตรวจสอบโดยเฉลี่ยของแผนการแบบนี้อาจจะมากกว่าจำนวนตรวจสอบโดยเฉลี่ยของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวก็ได้ ดังนั้น จึงควรใช้แผนการ

สุ่มตัวอย่างเชิงคู่นี้กับกรณีที่ทราบประวัติของคุณภาพล็อตมาก่อนว่ามีคุณภาพดีมาก (Very Good) (สำหรับกรณีที่ทราบว่าคุณภาพเลวมาก จะไม่มีการตรวจสอบเนื่องจากขัดแย้งกับแนวความคิดที่เชื่อว่าคุณภาพล็อตดี ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ถ้าหากได้รับการตรวจสอบ ก็จะอาศัยจำนวนตรวจสอบโดยเฉลี่ยจำนวนน้อยด้วยเช่นกัน)

แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่นี้จะมีข้อดีเหนือกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวดังที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ จะมีการใช้ขนาดตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ASN) น้อยกว่าเมื่อล็อตมีคุณภาพดีมากหรือเลวมาก โดยในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบนี้ จะกำหนดค่า AQL (p_1), LTPD (p_2) และค่าความเสี่ยง α, β โดยกำหนดค่า R ตั้งแต่ 14.50 จนมีค่าต่ำที่สุดที่ 1.74 เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว ที่กำหนดค่า R ไว้สูงสุดที่ 44.891 (เมื่อ c=0) และมีค่าเหลือ 10.946 (เมื่อ c=1) แล้วจะได้ว่า ค่า R ที่สูงที่สุดของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ จะมีค่าต่ำกว่าค่า R ที่สูงที่สุดของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวประมาณ 3 เท่า (Duncan, 1974 และ Hamaker, 1950)

(3) แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง

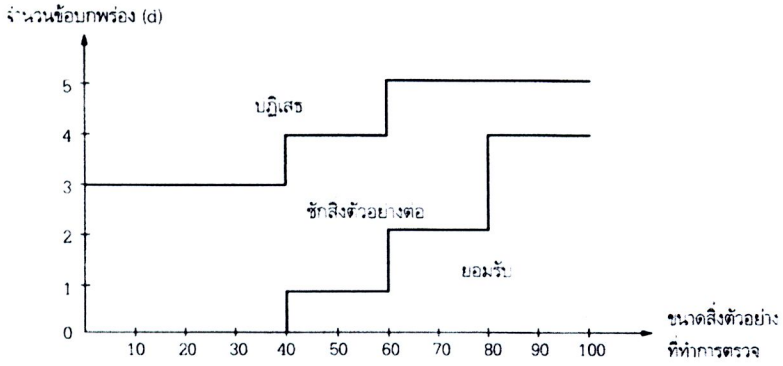
ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างประเภทนี้ ผู้ตัดสินใจจะมีการตัดสินใจเพื่อการปฏิเสธคุณภาพของล็อตจำนวน k ครั้ง (โดย k มากกว่า 2) โดยในแต่ละครั้งจะมีการกำหนดขนาดตัวอย่าง (n_1) ตัวเลขเพื่อการยอมรับ (Ac_i) และตัวเลขเพื่อการปฏิเสธ (Re_i) ซึ่งในแต่ละครั้งของการตัดสินใจนั้น จะดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามที่กำหนดในแผนการ ถ้าหากมีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธล็อต ($\sum d_i > Re_i$) ก็ให้ทำการปฏิเสธคุณภาพล็อตพร้อมการยืนยันผล แต่ถ้าหากไม่สามารถทำการปฏิเสธได้ ให้พิจารณาต่อว่ามีเหตุผลเพียงพอจะยอมรับล็อตหรือไม่ ถ้ารับได้ให้ยอมรับ แต่ถ้าหากไม่สามารถยอมรับได้ ให้ดำเนินการสุ่มครั้งต่อไป พร้อมการตัดสินใจดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังแสดงแผนภาพการตัดสินใจในรูป 2.32



รูป 2.32 การตัดสินใจของแผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง

โดยปกติแล้ว แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบหลายเชิงนี้มีข้อดีอยู่หลายประการคือ ใช้ขนาดตัวอย่างโดยเฉลี่ยน้อยกว่ากรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวและเชิงคู่ โดยเฉพาะกรณีที่คุณภาพของล็อตดีเยี่ยม (Excellence) นอกจากนี้แล้วในเชิงจิตวิทยา ก็ทำให้มีความรู้สึกที่ว่าการตัดสินใจมีเกณฑ์อยู่ภายใต้โอกาสหลายๆครั้ง อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของแผนการ

สุ่มตัวอย่างประเภทนี้ คือ มีความยุ่งยากต่อการจัดการและให้คำแนะนำค่อนข้างมาก ตลอดจนมีค่าใช้จ่ายในการสุ่มตัวอย่างและการบันทึกผลการตรวจสอบค่อนข้างมาก และอาจจะต้องใช้จำนวนตัวอย่างที่ตรวจสอบโดยเฉลี่ยมากกว่ากรณีเชิงเดี่ยวและเชิงคู่ ถ้าหากคุณภาพของล็อตไม่ดีอย่างเพียงพอ ดังนั้น จึงควรใช้แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิงนี้กับกรณีที่ทราบประวัติของคุณภาพว่าคุณภาพของล็อตมีคุณภาพดีเยี่ยม แสดงแผนภาพการตัดสินใจได้ดังรูป 2.33 ซึ่งอาจเรียกการตรวจสอบแบบนี้ว่า แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามลำดับกลุ่ม (Group Sequential Sampling Plan)

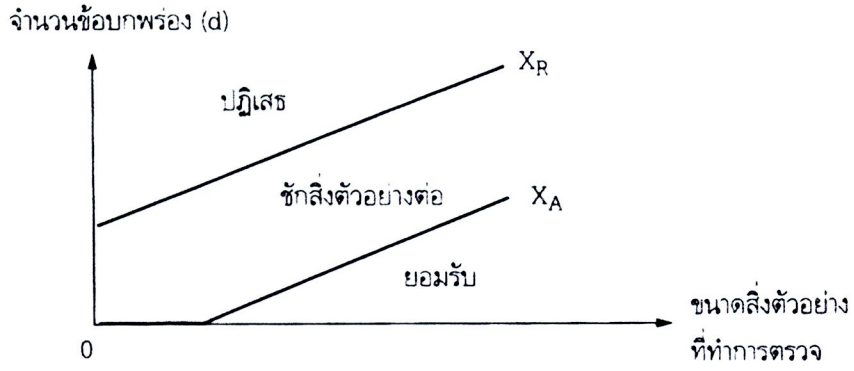


รูป 2.33 แผนภาพการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามลำดับกลุ่ม (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 563))

แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิงนี้จะมีแนวความคิดเช่นเดียวกับกรณีของแผนการแบบเชิงคู่ โดยจะมีความเหมาะสมกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวและเชิงคู่เมื่อคุณภาพของล็อตดีเยี่ยม โดยการออกแบบแผนการนี้จะมีลักษณะคล้ายกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ คือ จะกำหนดพิกัดคุณภาพ AQL (p_1), LTPD (p_2) และค่าความเสี่ยง α, β โดยกำหนดค่า R ตั้งแต่ 1.94 ถึง 18.46 จำนวน 20 แผนการ โดยการใช้ตารางจะมีความคล้ายคลึงกับกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ที่ได้กล่าวมาแล้ว และทุกแผนการจะมีการกำหนดให้ขนาดของตัวอย่างเท่ากันในทุกขั้นตอน (Duncan, 1974)

(4) แผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับ

แผนนี้ได้รับการพัฒนาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1947 โดย Wald โดยอาศัยแนวความคิดจากแผนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายเชิง โดยให้มีการสุ่มตัวอย่างเดียวหรือกลุ่มก็ได้แล้วทำการตัดสินใจทุกครั้งของการตรวจสอบตัวอย่างจะปฏิเสธหรือยอมรับได้หรือไม่ มิฉะนั้นต้องทำการสุ่มตัวอย่างต่อไปเรื่อยๆ แบบไม่มีจำกัดจำนวนครั้งจนกว่าจะตรวจสอบครบล็อต จึงอาจเรียกแผนการนี้ว่า แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามลำดับหน่วย (Unit Sequential Sampling Plan) หรือการสุ่มตัวอย่างตามลำดับแบบชิ้นต่อชิ้น (Item – By – Item Sequential Sampling Plan)



รูป 2.34 แผนภาพการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามลำดับ ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 564))

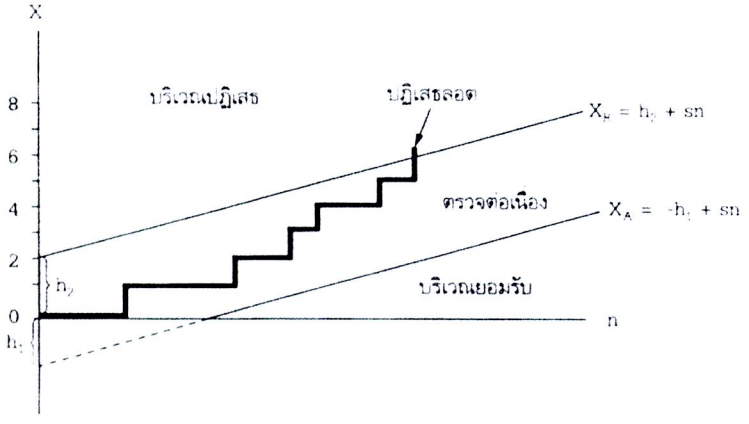
จากรูป 2.34 พบว่าลักษณะของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบนี้จะมีความคล้ายกับกรณีแผนการหลายเชิงตามรูป 2.32 มาก ยกเว้นเพียงว่าในกรณีแผนการตามลำดับจะใช้ตัวอย่างทีละหน่วยผลิตภัณฑ์ (อาจจะหมายถึงผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้นหรือหลายชิ้นก็ได้) เพื่อการตัดสินใจ รวมถึงกรณีที่แผนการตามลำดับจะไม่มีการจำกัดจำนวนครั้งในการสุ่มตรวจเพื่อการตัดสินใจเหมือนแผนการหลายเชิง อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้ว Montgomery (2005) ได้แนะนำว่า จำนวนครั้งในการตรวจของแผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับนี้จะยุติเมื่อมีจำนวนของตัวอย่างที่ได้รับการตรวจเท่ากับ 3 เท่าของขนาดตัวอย่างที่ได้จากแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเชิงเดี่ยวที่มีความสอดคล้องกัน

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับ ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายเชิงนั้น ถ้าหากมีการใช้แนวทางของการยุติการตรวจเมื่อสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับล็อตได้แล้ว จะพบว่าแผนการได้กำหนดให้ตรวจไปเรื่อยๆ ตราบใดที่หลักฐานที่มีอยู่ยังไม่เพียงพอต่อการสรุปว่าคุณภาพของล็อตดีมากจนให้การยอมรับได้ หรือคุณภาพไม่ดีมากจนสามารถปฏิเสธล็อตได้ อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบจะสิ้นสุดและจะต้องตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธล็อตเมื่อการตรวจสอบได้รับการดำเนินไปจนถึงการตรวจในขั้นสุดท้าย ดังนั้น แนวทางอีกประการหนึ่งจะเป็นการตรวจสอบตามลำดับ คือเมื่อการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธยังไม่เกิดขึ้นก็จะทำการตรวจสอบเรื่อยไปตามลำดับ

Duncan (1974) ได้เสนอถึงวิธีการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับนี้ว่าได้มีผู้พัฒนาวิธีการต่างๆจำนวนหลายท่าน แต่ที่ได้รับความนิยมมากๆ จะเป็นวิธีการของ Wald แห่งมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย Barnard และ Bartky สำหรับในที่นี้จะกล่าวเฉพาะวิธีการของ Wald

วิธีการสุ่มตัวอย่างตามลำดับของ Wald จะอาศัยค่าของอัตราส่วนความน่าจะเป็นตามลำดับ (Sequential Probability Ratio; SPR) ในการกำหนดถึงครั้งที่ของการตรวจสอบเพื่อ

กำหนดเกณฑ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธคุณภาพ โดย Wald ได้แสดง SPR ในรูปของเส้นกราฟ ดังรูป 2.35



รูป 2.35 แผนภูมิ SPR ของการตรวจสอบตามลำดับ ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 585))

ซึ่งในการตรวจสอบแต่ละครั้งจะนำค่าสะสมของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจพบไปพล็อตลงกราฟ ถ้าหากค่าสะสมของกราฟยังคงแสดงผลอยู่ในโซนระหว่าง X_A และ X_R แสดงว่าต้องทำการตรวจสอบในครั้งต่อไปโดยไม่มีการตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพล็อตในการตรวจสอบครั้งที่ผ่านมา แต่ถ้าหากค่าสะสมมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า X_A จะทำการยอมรับล็อต และถ้าค่าสะสมมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า X_R จะทำการปฏิเสธล็อต

ในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับนั้น ถ้ามีการกำหนดค่าระดับคุณภาพ AQL (p_1), LTPD (p_2) รวมถึงค่าความเสี่ยงจากการตัดสินใจ (α และ β) แล้ว จะสามารถคำนวณพิกัดแสดงการตัดสินใจได้ดังนี้

$$X_A = -h_1 + sn \tag{2.10}$$

$$X_R = h_2 + sn \tag{2.11}$$

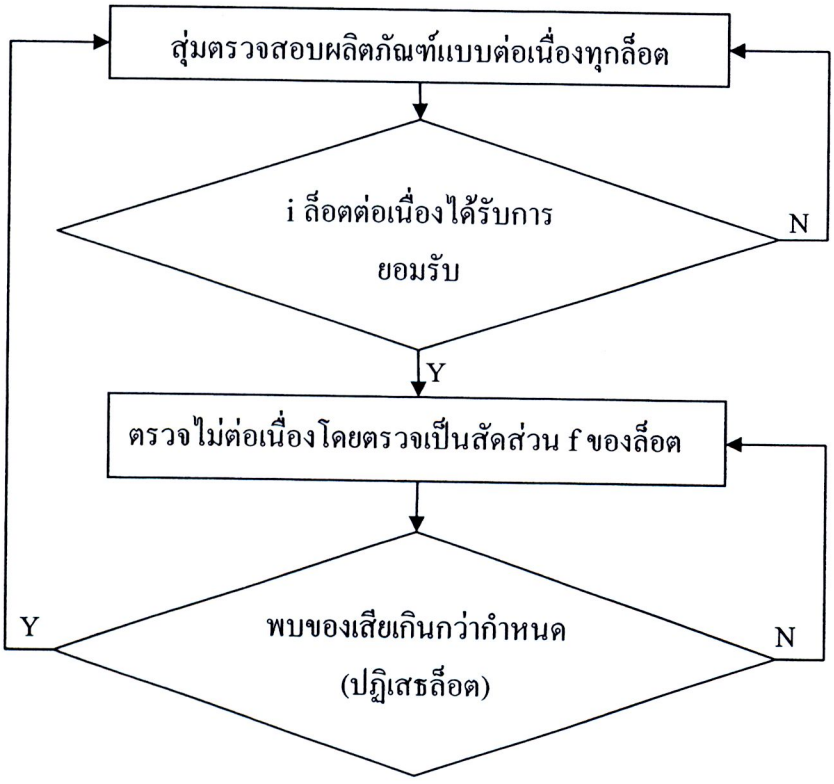
เมื่อ $$h_1 = \log\frac{(1-\alpha)}{\beta} / \log\left[\frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)}\right] \tag{2.12}$$

$$h_2 = \log\frac{(1-\beta)}{\alpha} / \log\left[\frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)}\right] \tag{2.13}$$

และ $$s = \frac{\log(\frac{1-p_1}{1-p_2})}{\log(\frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)})} \tag{2.14}$$

(5) แผนการสุ่มตัวอย่างแบบ Skip Lot

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบ Skip Lot เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างชนิดหนึ่งที่ออกแบบมาเพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบน้อยที่สุด โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ Skip Lot เขียนแทนด้วย SkSP-1 ซึ่งเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบทุกล็อต เมื่อล็อตถูกตรวจสอบแล้วพบว่าเป็นล็อตที่ดีทั้ง i ล็อต จะเปลี่ยนไปสุ่มเป็นสัดส่วน f ตัวอย่างเช่น i=10 f=1/3 หมายถึง สุ่มตัวอย่างตรวจสอบทุกล็อต ถ้าไม่พบของเสียเกินกว่าที่กำหนด (ยอมรับล็อต) ติดต่อกัน 10 ล็อต จะเปลี่ยนการสุ่มตัวอย่างจากสุ่มทุกล็อตเป็น 3 ล็อตสุ่มตรวจสอบ 1 ครั้ง ดังรูป 2.36



รูป 2.36 วิธีการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ SkSP

2.1.8. ตัววัดสมรรถนะแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

ในการพิจารณาถึงสมรรถนะของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.1.8.1) เส้นโค้งโอซี (OC – Curve)

ตัววัดสมรรถนะที่มีความสำคัญมากสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ คือ ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับล็อต (Probability of Acceptance; P_a) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผลจากการสุ่มตัวอย่างจะทำให้เกิดการยอมรับล็อต ซึ่งนิยามได้ว่า

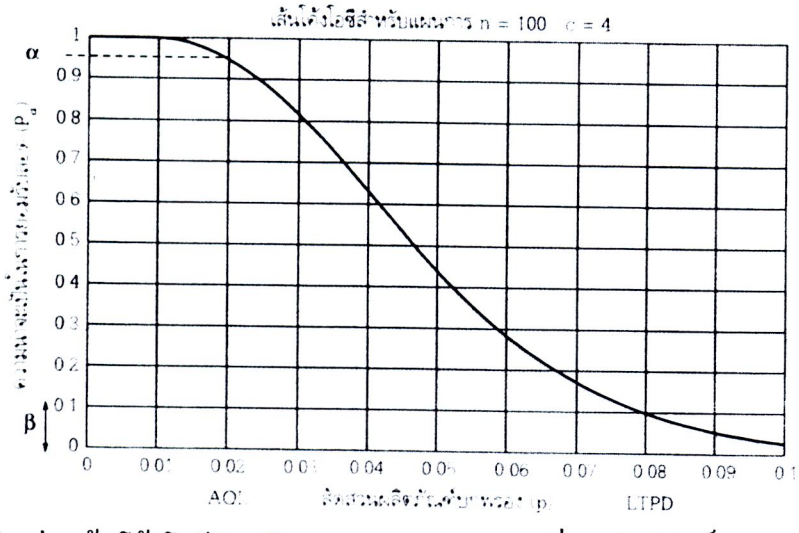
$$P_a = P(d \leq c) = \sum_{d=0}^{c} P(d) \qquad (2.15)$$

เส้นโค้งโอซี (OC – Curve) ที่หมายถึง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง (หรือสัดส่วนของข้อบกพร่อง) กับความน่าจะเป็นในการตัดสินใจยอมรับล็อตจากการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างหนึ่งๆ ดังนั้น ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างหนึ่งๆ จะมีเส้นโค้งโอซีหนึ่งเส้น สำหรับแสดงถึงสมรรถนะของแผนการสุ่มตัวอย่างเสมอ และด้วยเส้นโค้งโอซีนี้จะให้ความสนใจกับจุด 2 จุดด้วยกันคือ (AQL; 1-α) และ (LTPD; β) โดยที่ AQL หมายถึง พิกัดของคุณภาพ AQL นี้ จะให้มีโอกาสในการยอมรับล็อตเท่ากับ 1-α โดยจะเรียก α ว่าความเสี่ยงประเภทที่ I ที่หมายถึงความเสี่ยงของผู้ผลิต โดย

α = P (ปฏิเสธล็อตทั้งๆที่ล็อตมีคุณภาพดี)
= ความเสี่ยงของผู้ผลิต

สำหรับ LTPD หมายถึง สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ยอมให้สูงสุดในล็อต (Lot Tolerance Percent Defective) และอาจจะเรียกในชื่ออื่นๆว่า ระดับคุณภาพที่ให้การปฏิเสธล็อต (Rejectable Quality Level; RQL) หรือระดับคุณภาพจำกัด ซึ่งจะหมายถึงระดับคุณภาพในล็อตที่จะถือว่าเป็นล็อตเลว และอยากให้มีโอกาสสูงต่อการปฏิเสธล็อตดังกล่าว โดยล็อตที่มีคุณภาพที่ระดับนี้ จะให้มีโอกาสในการปฏิเสธล็อตเท่ากับ β โดยจะเรียก β ว่าความเสี่ยงประเภทที่ II ที่หมายถึงความเสี่ยงของผู้บริโภค โดย

β = P (ยอมรับล็อตทั้งๆที่ล็อตมีคุณภาพเลว)
= ความเสี่ยงของผู้บริโภค



รูป 2.37 ตัวอย่างเส้นโค้งโอซีสำหรับแผนการ n=100, c=4 (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 565))

เส้นโค้งโอซีในรูป 2.37 ที่แสดงถึงแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับ n=100 และ c=4 จะพบว่า ถ้า AQL = 0.02 แล้ว จะพบว่าถ้ากำหนดคุณภาพของล็อตที่ดีอยู่ที่พิกัดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง 2% แล้ว จะมีโอกาสในการยอมรับล็อตดังกล่าวเพียง 95% โดยโอกาสอีก 5% จะเป็นความเสี่ยงที่จะปฏิเสธล็อตที่ดีดังกล่าว และในกรณีนี้ ถ้ากำหนดระดับคุณภาพที่ LTPD = 0.08 แล้ว จะพบว่าล็อตที่มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงสุด 8% แล้ว จะมีโอกาสในการปฏิเสธล็อตดังกล่าวเพียง 90% โดยโอกาสอีก 10% จะเป็นความเสี่ยงที่จะตัดสินใจยอมรับล็อต ดังกล่าวทั้งๆที่เป็นล็อตที่ไม่ดี และจะเรียกสัดส่วนของ LTPD/AQL นี้ว่า อัตราส่วนการปฏิบัติการ (operating ratio; R) โดย

$$R = \frac{LTPD}{AQL} = \frac{p_{\beta}}{p_{1-\alpha}} \qquad (2.16)$$

บางครั้งอาจจะเรียกอัตราส่วนนี้ว่า อัตราของการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Fraction) ที่แสดงถึงตัววัดค่าความแตกต่างของแผนการสุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้แล้ว ที่จุดหนึ่งของเส้นโค้งโอซี (ในรูป 2.37 คือ จุดที่ระดับคุณภาพ 4.8% (โดยประมาณ)) จะมีโอกาสครึ่งๆ ในการยอมรับล็อต จึงเรียกจุดดังกล่าวว่า จุดที่ไม่มีความแตกต่าง (Indifference Point)

(1) ประเภทของเส้นโค้งโอซี

(1.1) เส้นโค้งโอซีแบบ A (Type A OC)

หมายถึง เส้นโค้งที่แสดงถึงโอกาสในการยอมรับล็อตในรูปของ คุณภาพล็อต (Lot Quality) ที่นิยามในรูปของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยโอกาสในการยอมรับนี้จะพิจารณาจากล็อตที่มีจำนวนจำกัด

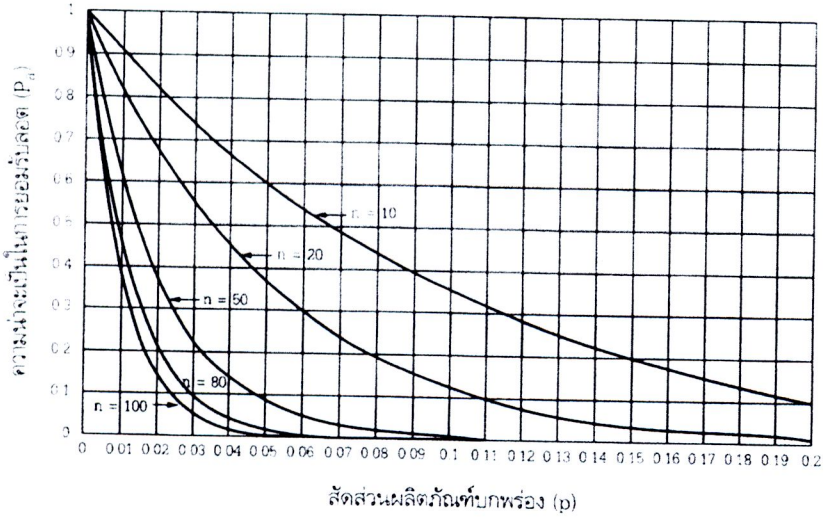
(1.2) เส้นโค้งโอซีแบบ B (Type B OC)

หมายถึง เส้นโค้งโอซีที่แสดงถึงโอกาสในการยอมรับล็อตในรูปของ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Product Quality) ที่นิยามในรูปของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยโอกาสในการยอมรับนี้จะพิจารณาจากกระบวนการหรือล็อตที่มีจำนวนไม่จำกัด นอกจากนี้แล้ว คำว่า ผลิตภัณฑ์ ภายใต้นิยามนี้ จะหมายถึงสิ่งที่ได้จากกระบวนการที่มีความต่อเนื่องและได้รับการดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่เหมือนกัน

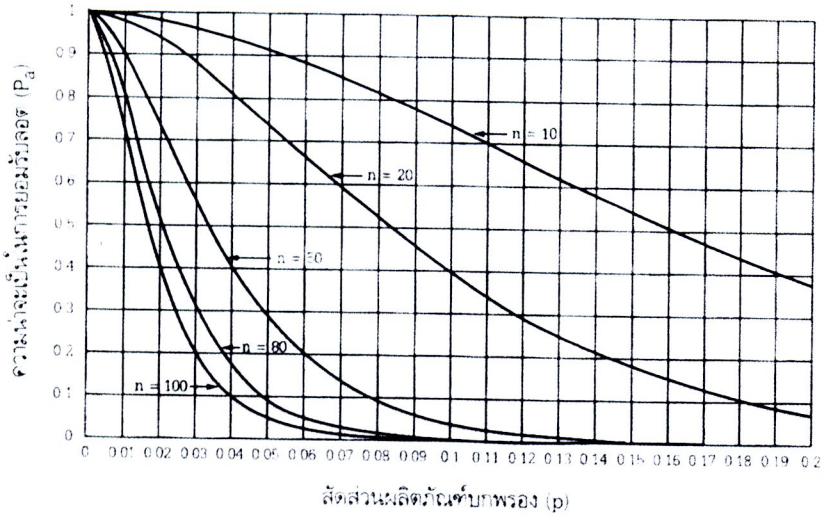
(2) คุณลักษณะของเส้นโค้งโอซี

ลักษณะของเส้นโค้งโอซีจะขึ้นอยู่กับตัวเลขแห่งการยอมรับ (c) และขนาดของตัวอย่าง (n) ซึ่งถ้าพิจารณาจากรูป 2.38 จะพบว่า เมื่อ c = 0 เส้นโค้งจะมีลักษณะโค้งเว้าเข้าหาจุดกำเนิดของกราฟ ในขณะที่รูป 2.39 และ 2.40 ซึ่งแสดงถึงกรณี $c \neq 0$ จะพบว่าเส้นโค้งมีลักษณะ

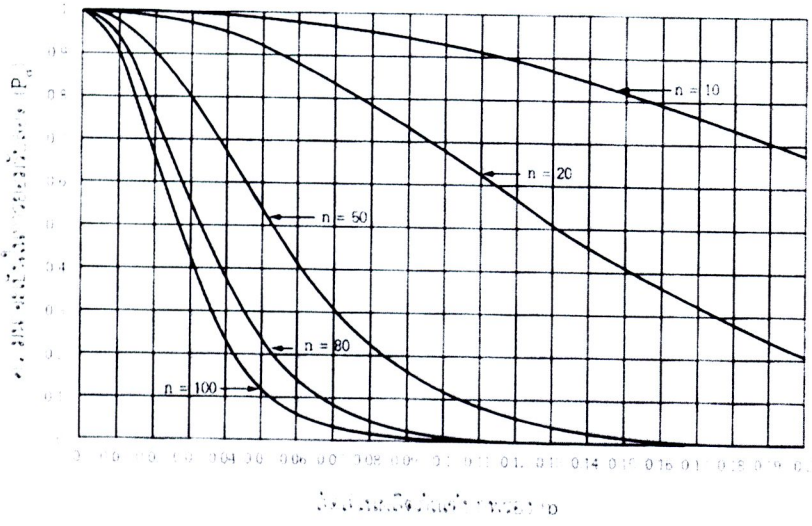
เป็นโค้งนูนเมื่อมีค่า p ต่ำๆ และจะมีจุดเปลี่ยนโค้ง (Inflection Point) เป็นโค้งเว้าเมื่อ p มีค่ามากขึ้น และเมื่อ c มีค่าเพิ่มมากขึ้น (จากรูป 2.38 เปรียบเทียบกับรูป 2.39 และ 2.40) จะพบว่าเส้นโค้งโอซีมีค่าความชันลดลง กล่าวคือ เมื่อ c มีค่ามากขึ้น จะทำให้อัตราส่วนการปฏิบัติการ (R) มีค่าเพิ่มมากขึ้น สำหรับกรณีที่ขนาดตัวอย่าง (n) มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เส้นโค้งโอซีมีความชันเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลให้อัตราส่วนการปฏิบัติการ (R) มีค่าลดลง ดังนั้น ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับเส้นโค้งโอซีในจินตภาพตามรูป 2.41 (ซึ่งไม่มีค่าของความเสี่ยงจากการตัดสินใจ) แล้วจะพบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีในการป้องกันความเสี่ยงจะต้องมีค่า n ที่เพิ่มมากขึ้น และมีตัวเลขแห่งการยอมรับ (c) ที่มีค่าน้อยๆ



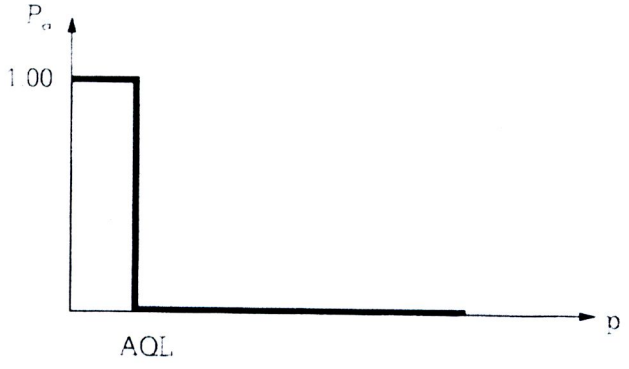
รูป 2.38 เส้นโค้งโอซีสำหรับ c = 0 (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 571))



รูป 2.39 เส้นโค้งโอซีสำหรับ c = 1 (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 572))



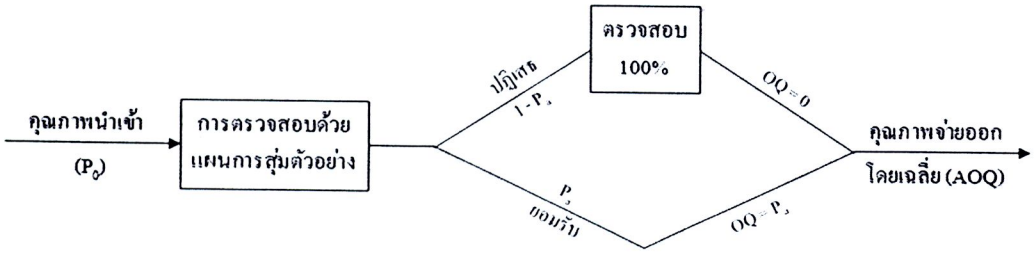
รูป 2.40 เส้นโค้งโอซีสำหรับ c = 2 (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 572))



รูป 2.41 เส้นโค้งโอซีในจินตภาพ (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 573))

2.1.8.2) คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (AOQ)

คือ การใช้ระดับคุณภาพของล็อตภายหลังจากการตรวจสอบ โดยจะเรียกตัววัดนี้ว่า "คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (Average Outgoing Quality; AOQ)" ซึ่งระดับของคุณภาพที่ได้นี้มาจากการตรวจสอบโดยการกรองคุณภาพ ดังรูป 2.42



รูป 2.42 การกรองคุณภาพ

ภายใต้การตรวจสอบโดยการกรองคุณภาพ ล็อตที่นำเข้าจะได้รับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง สำหรับล็อตที่ได้รับการปฏิเสธ (ด้วยโอกาส $1 - P_a$) จะได้รับการตรวจสอบ 100% เพื่อการคัดแยก (Screening) ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องออกมาแล้วทำการซ่อมแซม รีเวิร์ก หรือทดแทนด้วยผลิตภัณฑ์ที่ดี ดังนั้น ล็อตที่ผ่านการกรองคุณภาพแล้วจึงมีคุณภาพจ่ายออกที่ผสมกันระหว่างล็อตที่ได้รับการยอมรับและล็อตที่ได้รับการปฏิเสธแล้วได้รับการคัดแยกและทดแทนด้วยผลิตภัณฑ์ที่ดีแล้ว ซึ่งจะเรียกคุณภาพโดยเฉลี่ยภายหลังการตรวจสอบนี้ว่า AOQ

ในการพิจารณาค่าของ AOQ จะพบว่า ล็อตที่ได้รับการปฏิเสธจะมีคุณภาพจ่ายออกที่ดีทั้งหมด เนื่องจากการคัดแยก (หรือ OQ = 0) ด้วยโอกาส $(1 - P_a)$ ในขณะที่ล็อตที่ได้รับการยอมรับจะมีจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องภายในล็อตเท่ากับ $p_0(N - n)/N$ ด้วยโอกาส P_a ดังนั้น

$$\begin{aligned} AOQ &= OQ(1 - P_a) + \frac{p_0(N - n)}{N} P_a \\ &= \frac{P_a p_0(N - n)}{n} \end{aligned} \qquad (2.17)$$

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีจำนวนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของล็อตแล้ว อาจจะเขียนสมการได้ใหม่ว่า

$$AOQ = P_a p_0 \quad (\text{ถ้า } n < N \text{ มากๆ}) \qquad (2.18)$$

2.1.8.3) จำนวนตรวจสอบทั้งหมดโดยเฉลี่ยและขนาดของตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ATI and ASN)

ในการประเมินผลด้านสมรรถนะของแผนการสุ่มตัวอย่างนั้น นอกเหนือจากเกณฑ์ทางด้านความเสี่ยงและเกณฑ์ทางด้านคุณภาพจ่ายออกแล้ว ยังสามารถประเมินผลของสมรรถนะแผนการสุ่มตัวอย่างได้ โดยคำนึงถึงผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือคำนึงถึงจำนวนตรวจสอบทั้งหมดโดยเฉลี่ย (ATI – Average Total Inspection) และขนาดของตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ASN –Average Sample Number)

ในการพิจารณาถึงจำนวนตรวจสอบทั้งหมดโดยเฉลี่ยนั้น จะพิจารณาจากการตรวจสอบโดยการกรองคุณภาพดังรูป 2.42 ซึ่งจะพบว่าจะมีจำนวนตัวอย่างที่ได้รับการตรวจทั้งหมดขนาด n ถ้าหากการตรวจสอบได้รับผลว่ามีการยอมรับ (ด้วยความน่าจะเป็น P_a) และจะได้รับการตรวจสอบทั้งหมดขนาด N ถ้าหากการตรวจสอบล็อตได้รับผลว่ามีการปฏิเสธ (ด้วยความน่าจะเป็น $1\text{-}P_a$) ดังนั้น

$$ATI = nP_a + N(1 - P_a) \qquad (2.19)$$

สำหรับในกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ ถ้าให้ P_a^I, P_a^{II} หมายถึงโอกาสในการยอมรับในการตรวจสอบด้วยตัวอย่างกลุ่มแรกและกลุ่มที่สองโดยลำดับแล้ว จะสามารถหาค่า ATI ได้ในทำนองเดียวกับกรณีเชิงเดี่ยว คือ

$$ATI = n_1 P_a^I + (n_1 + n_2)P_a^{II} + (1 - P_a^I - P_a^{II}) \qquad (2.20)$$

นอกเหนือจากการใช้จ่ายตรวจสอบทั้งหมดโดยเฉลี่ย (ATI) ในการประเมินสมรรถนะด้านเศรษฐศาสตร์ของแผนการตรวจสอบแล้ว ยังอาจจะใช้ขนาดของตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ASN) ในการประเมินแผนการได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบเชิงคู่และหลายเชิง ทั้งนี้เนื่องจากในกรณีแผนการเชิงเดี่ยว มักจะกำหนดให้มีการตรวจสอบแบบสมบูรณ์ โดยไม่อนุญาตให้ยกเลิกการตรวจก่อนครบตามตัวอย่างที่กำหนด เพราะอาจจะทำให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องในล็อตได้ แต่สำหรับกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ที่ไม่อนุญาตให้ยกเลิกการตรวจก่อนครบตามตัวอย่างที่กำหนดนั้น จะได้ค่า ASN จาก

$$ASN = n_1 P_1 + (n_1 + n_2)(1 - P_1) \qquad (2.21)$$

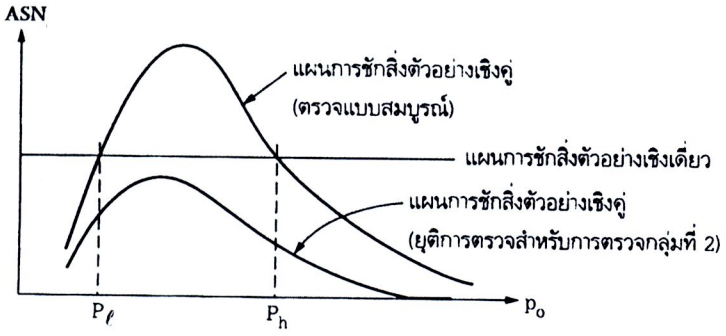
เมื่อ P_1 คือความน่าจะเป็นในการตัดสินใจได้ตั้งแต่การตรวจตัวอย่างกลุ่มที่ 1 โดยที่

$$P_1 = P(d \le c_1) + P(d \ge r_1) \qquad (2.22)$$

ในทำนองเดียวกัน จะได้ค่า ASN สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายเชิงเมื่อไม่อนุญาตให้ยกเลิกการตรวจก่อนตรงตามตัวอย่างที่กำหนด จากสมการข้างล่าง คือ

$$ASN = n_1 P_1 + (n_1 + n_2)P_{II} + \ldots\ldots\ldots + (n_1 + n_2 + \ldots\ldots\ldots n_k)P_k \qquad (2.23)$$

เมื่อ P_i แสดงความน่าจะเป็นในการตัดสินใจได้ตั้งแต่การตรวจสอบด้วยตัวอย่างกลุ่มที่ I (โดย i = 1, 2,……, k)



รูป 2.43 การเปรียบเทียบ ASN ของแผนการเชิงเดี่ยวและเชิงคู่ (ที่มา: กิตติศักดิ์ (2550, หน้า 579))

ในกรณีที่ไม่อนุญาตให้มีการยุติการตรวจสอบจนกว่าจะตรวจครบตามตัวอย่างที่ได้ออกแบบไว้ในแผนการ จะทำให้ ASN แผนการเชิงเดี่ยวมีค่าเป็นเส้นตรงที่มีค่าคงที่ (n) และเมื่อเปรียบเทียบกับ ASN ของแผนการเชิงคู่ จากรูป 2.43 จะพบว่าถ้าคุณภาพของล็อตที่นำเข้าดีมาก ($p_o < p_l$) หรือ ($p_o > p_h$) แล้วแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ จะให้จำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่ากรณีใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว แต่ถ้าคุณภาพของล็อตนำเข้ามีความก้ำกึ่งแล้วก็ควรจะใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวในการตรวจสอบคุณภาพของล็อต เพราะให้จำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบโดยเฉลี่ยต่ำกว่ากรณีใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่

อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการอนุญาตให้ยุติการตรวจเมื่อสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับล็อตได้ในการตรวจสอบด้วยตัวอย่างกลุ่มที่ 2 แล้วจะพบว่าจำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบโดยเฉลี่ยสำหรับกรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่จะมีค่าต่ำกว่ากรณีแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวเสมอ โดยในกรณีนี้จะมีข้อเสียดังที่กล่าวมาแล้ว คือ ความลำเอียงในการประมาณค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในล็อตที่ได้รับการตรวจสอบ

2.2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการควบคุมกระบวนการและลดของเสียที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิต สามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่เป็นที่นิยมมากคือ การนำเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และเครื่องมือควบคุมคุณภาพต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับธุรกิจมากมาย อาทิเช่น นำไปใช้ในการลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยสามารถสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าในการจัดส่งของที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า และยังส่งผลให้บริษัทมีความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจได้สูงขึ้น (จิระเดช, 2550) ในส่วนของเครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน การเปรียบเทียบพหุคูณ และการวิเคราะห์ความถดถอย ก็สามารถนำไปใช้ในการศึกษากระบวนการผลิตพรมทอมือ เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสียเส้นใยในการทอพรม และสร้างแผนภูมิควบคุมเพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและควบคุมกระบวนการ ซึ่งในการควบคุมความหนาแน่นของพรมในการทอ สามารถลดความสูญเสียเส้นใยจากเดิมได้ร้อยละ 40 และเพิ่มความสามารถของกระบวนการได้ (พรเทพ, 2548)

แผนภูมิควบคุมถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้สามารถควบคุมกระบวนการได้เป็นอย่างดี ซึ่งแผนภูมิควบคุมมีอยู่หลายชนิด และการใช้งานแผนภูมิแต่ละชนิดก็แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับตรวจสอบรอยตำหนิในการผลิต IC (Integrate Circuit) โดยใช้แผนภูมิควบคุมแบบ C-Chart ในการตรวจติดตามจำนวนรอยตำหนิบนแผน Wafer ที่ใช้เป็น Substrate โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดจำนวนรอยตำหนิบนแผน Wafer ในการผลิต IC ซึ่งอาศัยการ

Revise แผนภูมิควบคุมเพื่อให้สามารถควบคุมรอยตำหนิบนแผ่น Wafer หากพบว่าข้อมูลนั้นออกนอกเขตควบคุมและทราบถึงสาเหตุของความผิดปกติของกระบวนการผลิต (Kun-Lin and Lee-Ing, 2006) หรือการศึกษากระบวนการตรวจสอบคุณภาพสินค้าหรือผลิตภัณฑ์บกพร่องในอุตสาหกรรมการผลิตโดยการเปรียบเทียบแผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติ ระหว่างแผนภูมิควบคุม t-chart กับแผนภูมิควบคุม mt-chart และระหว่างแผนภูมิควบคุม t_r-chart กับแผนภูมิควบคุม mt_r-chart ภายใต้การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียลและการแจกแจงแบบไวบูล โดยวัดจากจำนวนของ Out of Control Charts และค่าจำนวนครั้งเฉลี่ยที่ตกอยู่ในขีดจำกัดควบคุมก่อนที่จะออกนอกขีดจำกัดควบคุม (Average Run Length: ARL) โดยการจำลองแบบข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์และส่วนที่ 2 ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ จากผลการวิจัยพบว่า ในส่วนที่ 1 แผนภูมิควบคุม mt-chart มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบดีกว่าแผนภูมิควบคุม t-chart และแผนภูมิควบคุม mt_r-chart มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบดีกว่าแผนภูมิควบคุม t_r-chart สำหรับในส่วนที่ 2 แผนภูมิควบคุม t-chart มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบดีกว่าแผนภูมิควบคุม mt-chart และแผนภูมิควบคุม t_r-chart มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบดีกว่าแผนภูมิควบคุม mt_r-chart (สุมณฑา, 2548) หรือการพิจารณาค่า ARL เพื่อปรับแต่งแผนภูมิควบคุม EWMA Chart และพัฒนาออกมาเป็นโปรแกรม เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกระบวนการผลิต ซึ่งถึงแม้ผู้ใช้จะไม่มีพื้นฐานความรู้ในด้านนี้ หากสามารถที่จะพัฒนาแผนภูมิควบคุมที่มีความซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมก็จะทำให้สะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ แต่ถ้าสามารถที่จะเลือกใช้แผนภูมิควบคุมแบบพื้นฐานซึ่งไม่ยุ่งยากซับซ้อนแต่ให้ประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ (Francisco and Carlos, 2005) หรือจะเป็นการสร้างแผนภูมิควบคุมจากการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (Simple Random Sampling; SRS) ที่นำการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มลำดับ (Ranked-Set Sampling; RSS) มาสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$-RSS chart) และแผนภูมิควบคุมค่ามัธยฐาน (MRSS chart) โดยนำข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างแบบ RSS มาสร้างช่วงความเชื่อมั่น 100 (1-α)% ของค่าเฉลี่ยของประชากร และนำช่วงความเชื่อมั่นที่ได้ประยุกต์สร้างแผนภูมิควบคุม พร้อมๆไปกับการออกแบบวิธีการสุ่มตัวอย่างอีก 1 วิธี โดยกำหนดชื่อให้ว่า การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มมัธยฐาน (Median-Set Sampling; MSS) ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มแบบ MSS ถูกนำมาสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$-MSS chart) และสร้างแผนภูมิควบคุมค่ามัธยฐาน (MMSS chart) เมื่อทำการเปรียบเทียบแผนภูมิควบคุมที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบ SRS, MSS และ MMSS พบว่า ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตไม่มีการเปลี่ยนแปลง ARL ของ MRSS chart จะดีกว่าแผนภูมิควบคุมอื่นๆ ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยพบว่า MMSS chart สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ดีที่สุด ส่วนกรณีที่ค่าเฉลี่ยของ

กระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงมากพบว่า $\bar{X}$-RSS chart, MRSS chart, $\bar{X}$-MSS chart และ MMSS chart สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ดีใกล้เคียงกัน (ณัฐสุวัชร์, 2552)

แผนภูมิควบคุมอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้คือ แผนภูมิควบคุมแบบ Two Stage Cumulative Count Control Chart ซึ่งมีความเหมาะสมในการเฝ้าระวังกระบวนการที่มีโอกาสเกิดความผิดพลาดต่ำ ซึ่งสามารถแจ้งเตือนเพื่อการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที ทำให้เกิดความมั่นใจในระบบเครือข่ายอันจะส่งผลดีต่อลูกค้าและการให้บริการ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับ การออกแบบสร้างระบบอัตโนมัติในการเฝ้าระวังความผิดปกติของระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยแผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงไปของปริมาณการถูกยกเลิกหรือสิ้นสุดการสนทนาที่เกิดจากความผิดปกติของระบบสถานีฐานของบริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ภาคเหนือ (นพกฤต, 2551)

ในการเลือกใช้แผนภูมิควบคุมนั้นหากข้อมูลที่ใช้มีลักษณะการกระจายแบบไม่ปกติจะทำให้เกิดความผิดพลาดต่อแผนภูมิควบคุมพื้นฐาน จึงควรที่จะมีการพัฒนาแผนภูมิแบบใหม่ขึ้นมาเพื่อให้สามารถควบคุมค่าข้อมูลขนาดใหญ่และมีการกระจายตัวของข้อมูล เช่นการพัฒนาแผนภูมิที่เรียกว่า "Omnibus Control Chart" ที่อาศัย Model ในการแปลงค่าข้อมูลให้อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจริงและเป็นมาตรฐาน โดยแผนภูมิชนิดนี้จัดเป็น Nonparametric Control Chart ซึ่งเป็นแผนภูมิที่มีความน่าสนใจและถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ (Willem, 2004)

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมทั่วไปมี 2 แบบคือ การตรวจสอบแบบร้อยเปอร์เซ็นต์ และแผนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งการตรวจสอบแบบร้อยเปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีการกำจัดผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ดีที่สุด แต่การตรวจสอบแบบร้อยเปอร์เซ็นต์มีข้อจำกัดสูง เช่นค่าใช้จ่ายที่สูง หรือใช้เวลามาก จึงต้องมีการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบคุณภาพขึ้นมาแทน เช่น การหาขนาดตัวอย่างในการทดลองจากตารางการชักตัวอย่างของ มอก. 465-2527 และการใช้วิธีสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) ซึ่งพบว่าให้ผลการตรวจสอบสอดคล้องกับการตรวจสอบแบบ 100 เปอร์เซ็นต์ (สุเบร์, 2537)

แผนการสุ่มตัวอย่างสามารถจำแนกได้ 4 วิธี ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ และการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายและการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบในการสำรวจกลุ่มอุตสาหกรรมประเทศไทย โดยใช้การสำรวจด้วยตัวอย่างเป็นการเลือกเก็บข้อมูลเฉพาะตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด ถ้าหากจำนวนตัวอย่างน้อยเกินไปจะทำให้ไม่สามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้ แต่ถ้าจำนวนตัวอย่างมากเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับจะระบุถึงความน่าเชื่อถือของขนาดตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อน

มาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างจะระบุถึงค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของประชากร ผลจากการเปรียบเทียบพบว่าการสุ่มตัวอย่างจำนวนคนงานของข้อมูลการสำรวจกรมโรงงานอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2549 โดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ 2 ชั้นภูมิสุ่มตัวอย่างย่อยแบบการสุ่มตัวอย่างเป็นระบบแบบวงกลมและการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย กำหนดขนาดตัวอย่างใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเชิงคู่ ระดับคุณภาพที่ยอมรับ 1.5% ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การสุ่มตัวอย่างเป็นระบบแบบวงกลมให้ผลการยอมรับมากกว่าการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายสำหรับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างพบว่า การสุ่มตัวอย่างชั้นภูมิเป็นระบบแบบวงกลมจะให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างดีกว่าการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (ชาติไชย, 2551)

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลว่าเป็นข้อมูลแบบแอตทริบิวต์ (แบบนับ) หรือข้อมูลแบบผันแปร (แบบวัด) โดยเป้าหมายของการสุ่มตัวอย่างส่วนมากจะคล้ายคลึงกัน คือให้ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคที่จะยอมรับของเสียสูงสุดที่เกิดขึ้นค่าต่ำสุด เช่น การพัฒนาวิธีโปรแกรมเชิงพลวัตมาใช้ในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลายชนิด ภายใต้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด (ไพฑูรย์, 2547) หรือการออกแบบแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ เพื่อสร้างมาตรฐานในการตรวจสอบที่เหมาะสมให้กับโรงงานและเป็นไปตามนโยบายคุณภาพของโรงงาน โดยเลือกใช้แผนการชักตัวอย่างแบบแปรผันเนื่องจากข้อมูลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เดิมมีลักษณะเป็นตัวเลขและจำนวนขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก ซึ่งจะช่วยให้ความเสี่ยงที่ลูกค้าจะได้รับผลิตภัณฑ์ที่ไร้คุณภาพมีน้อยและสามารถนำสาระของผลจากแผนนี้ไปวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการตรวจสอบที่ดีขึ้นในอนาคตได้ (นิภาภรณ์, 2545)

สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างนั้น มี MIL-STD-105E เป็นมาตรฐาน แต่แผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน MIL-STD-105E มีค่ามากเกินไป เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ จึงต้องมีการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนตัวอย่างที่นำมาตรวจรวมเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐาน MIL-STD-105E และให้ค่าขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ยน้อยกว่ามาตรฐาน MIL-STD-105E เช่น การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลแอตทริบิวต์ทั้งแบบเชิงเดี่ยวและเชิงคู่ (ไพฑูรย์, 2542) หรือการประยุกต์ใช้กับสายการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง โดยกำหนดระดับคุณภาพที่ยอมรับและระดับคุณภาพที่ปฏิเสธ ให้กับแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลแอตทริบิวต์แบบเชิงเดี่ยว (สรรพสิทธ์, 2546) การสุ่มตัวอย่างนี้สามารถใช้ได้กับทั้งการตรวจสอบผลิตภัณฑ์รวมไปถึงการตรวจสอบอุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องมือต่างๆอีกด้วย เช่น การศึกษาหาวิธีลดจำนวนการตรวจสอบอุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อสร้างฐานข้อมูลของการ

ตรวจสอบอุปกรณ์การผลิต กำหนดจำนวนการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของอุปกรณ์ และกำหนดแผนการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์โดยพิจารณาจากระดับคุณภาพ จากการทดลองสุ่มตัวอย่างด้วยจำนวนตัวอย่างตามตารางการสุ่มตัวอย่างแบบแอตทริบิวต์ชนิดปกติ (ประพันธ์, 2537)

เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบ maxima nomination (MNS) ถูกนำมาใช้ในการออกแบบและการประเมินค่า AQL, LTPD และ EQL สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบแอตทริบิวต์ โดยจำนวนตัวอย่างและตัวเลขที่ยอมรับที่จะนำมาใช้ในแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ MNS ได้จากการใช้ OC curve ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ MNS ด้วยจำนวนตัวอย่างที่น้อยและตัวเลขที่ยอมรับที่มาก ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบแอตทริบิวต์ทั่วไปที่ใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบ simple random (SRS) เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ใน OC curve ของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ MNS และแบบ SRS แบบ MNS จะให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับ OC curve ในอุดมคติมากกว่า และพบว่าการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการแสดงค่าที่เหมาะสมของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ MNS และแสดงลักษณะรูปร่างจาก OC curve เมื่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเปลี่ยนแปลงได้ (Mohammad and Sayed, 2010)

การสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์แบบแอตทริบิวต์ที่สำคัญอีกแบบหนึ่งคือ ทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตที่มีการผลิตที่มีการผลิตครั้งละ 1 หน่วยแบบต่อเนื่องในขณะที่กระบวนการผลิตกำลังดำเนินอยู่ ขึ้นมาตรวจสอบ แผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบการผลิตในลักษณะนี้คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Sampling Plan) หรือเรียกย่อๆ ว่า CSP ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่สำคัญมากอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทใช้เทคโนโลยีขั้นสูงทำการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนมากออกมาตามสายพานแบบต่อเนื่องซึ่งสามารถนำแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP ไปใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบการผลิตได้เป็นอย่างดี

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิดแรก หรือ CSP-1 ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1943 โดย H. F. Dodge หลังจาก CSP ชนิดแรกถูกพัฒนาขึ้น ได้มีนักวิจัยหลายคนพัฒนา CSP ชนิดอื่นๆ ขึ้นมาอย่างต่อเนื่องอีกหลายชนิด ได้แก่ CSP-2, CSP-3, CSP-4, CSP-5, CSP-M เป็นต้น โดย CSP ทุกชนิดล้วนมีพื้นฐานการออกแบบมาจาก CSP-1 ขั้นตอนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ใน CSP ทุกชนิดที่กล่าวมาประกอบด้วยช่วงการตรวจสอบ 2 ช่วงคือ ช่วงการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบ 100% และช่วงการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบอัตราส่วน ในปี ค.ศ. 1989 Wang and Chang ได้พัฒนา CSP-1-C ขึ้นมาสำหรับใช้ตรวจสอบกระบวนการผลิตที่มีอัตราการผลิตสูง โดย CSP-1-C เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ไม่มีขั้นตอนของการตรวจสอบแบบ 100% หลังจากนั้นก็ได้มีการศึกษาหาต้นทุนรวมสำหรับการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-1 โดยใช้แนวความคิดของกระบวนการการให้รางวัล

เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าเฉลี่ยของต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างในระยะยาว และเพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำสุดสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้กล่าวถึง โดยทำการศึกษาแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับการผลิตแบบต่อเนื่องในอุตสาหกรรมที่ชื่อ CSP-1 ซึ่งเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 100% อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ถูกยอมรับ k ผลิตภัณฑ์ติดต่อกัน จึงเปลี่ยนเป็นการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง จนกระทั่งพบของเสีย แล้วจะเปลี่ยนเป็นการตรวจสอบแบบ 100% สลับกันไปเป็นวัฏจักร ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้ง่ายต่อการประยุกต์ใช้กฎของการตรวจสอบ 100% หรือไม่ก็การตรวจสอบแบบสุ่มที่ควรจะนำมาใช้เพื่อให้ได้ต้นทุนเฉลี่ยน้อยที่สุด และยังได้ผลการศึกษาที่น่าสนใจคือได้ตัวเลขที่เหมาะสมที่เป็นอิสระที่จะเป็นช่วงเวลาของการตรวจสอบแบบสุ่ม (Alireza and Rasoul, 2004)

แต่ CSP ทุกชนิดที่กล่าวมาข้างต้นออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 1 สายการผลิต โดยใช้ผู้ตรวจสอบ 1 คนต่อการตรวจสอบ 1 สายการผลิต จึงมีการศึกษาและออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบใหม่ที่ชื่อว่า CSP-F-2L สำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบอัตราส่วนในสายการผลิตแบบต่อเนื่อง 2 สายพร้อมกันกรณีมีผู้ตรวจสอบ 1 คน โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-F-2L นั้นจะกำหนดให้สายการผลิตที่ 1 กำหนดอัตราส่วนในการตรวจสอบคือ อัตราส่วนสูงสุดเป็น f_{10} อัตราส่วนปกติเป็น f_{11} ให้จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องตรวจคือ i_1 และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เข้ามาคือ p_1 และกำหนดค่าที่เหมือนกันสำหรับสายการผลิตที่ 2 คือf_{20}, f_{21}, i_2, p_2 โดยการตรวจสอบเริ่มต้นด้วยตรวจสายการผลิตที่ 1 แบบอัตราส่วนสูง และตรวจสายการผลิตที่ 2 แบบอัตราส่วนปกติ เมื่อตรวจสายการผลิตที่ 1 ครบ i_1 หน่วย จะเปลี่ยนการตรวจเป็นแบบอัตราส่วนปกติ และสายที่ 2 จะเปลี่ยนการตรวจสอบเป็นแบบอัตราส่วนสูงสุด หลังจากตรวจสายการผลิตที่ 2 ครบ i_2 หน่วย จะเปลี่ยนการตรวจเป็นแบบอัตราส่วนปกติ และสายที่ 1 จะเปลี่ยนการตรวจสอบเป็นแบบอัตราส่วนสูงสุด การตรวจสอบจะดำเนินเรื่อยไป หากพบข้อบกพร่องจะเปลี่ยนการตรวจเป็นแบบอัตราส่วนสูงสุด และทำการศึกษาทฤษฎีเพื่อสร้างสูตรคำนวณค่าวัดคุณลักษณะของแผน 3 ค่าคือ ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยรวม (ATFI) ค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยรวม (ATOQ) และค่าขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยรวม (ATOQL) และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของสูตรคำนวณค่าวัดคุณลักษณะของแผนที่สร้างด้วยการเปรียบเทียบผลจากการจำลองค่ากับผลที่ได้จากการประมาณด้วยสูตรการคำนวณที่สร้างขึ้น (ธิดาเดียว, 2550)

สำหรับการตัดสินล็อตของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของเสียที่ต่ำมากของกระบวนการที่ไม่มีกระบวนการย้อนกลับ สามารถนำแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปรที่ใช้พื้นฐานของดรรชนีประสิทธิภาพกระบวนการด้านเดียว (C_{pu} หรือ C_{pl}) มาใช้ โดยการพัฒนาไปบนพื้นฐานของการกระจายตัวของการสุ่มตัวอย่างที่แน่นอนมากกว่าจะใช้การประมาณ ซึ่งผู้ประกอบการสามารถใช้

ข้อเสนอแนะของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนดตัวเลขที่ถูกต้องของตัวผลิตภัณฑ์ที่จะตรวจสอบ และค่าการยอมรับที่สอดคล้องกัน เพื่อให้การตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ และจัดทำตารางจำนวนตัวอย่างที่ตรวจสอบ และค่าวิกฤตในการยอมรับ (C_0) สำหรับความเสี่ยงแบบ α และ β และระดับของล็อต หรือสัดส่วนของเสีย เพื่อยอมรับหรือปฏิเสธระดับคุณภาพ (Pearna and Chien-Wei, 2006) หรือการแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปรสำหรับกรณีศึกษาในกระบวนการผลิตของโรงงาน STN-LCD โดยอยู่บนพื้นฐานของดรรชนีประสิทธิภาพกระบวนการ C_{pmk} ในการจัดการเกี่ยวกับการตัดสินล็อตเมื่อล็อตมีเศษส่วนข้อพกพร่องน้อยมาก ซึ่งได้แสดงตารางสำหรับขนาดตัวอย่างในการตรวจสอบ ค่าวิกฤตในการยอมรับที่สอดคล้องกัน ระดับคุณภาพที่ยอมรับที่กระบวนการต้องการ (AQL) และสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ยอมให้สูงสุดในล็อต (LTPD) สำหรับความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภค (Chien-Wei and Pearn, 2008)

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของสินค้า เพื่อให้ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่ำที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการประเมินค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภค จากแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของโรงงานกรณีศึกษา เปรียบเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่างตามแบบมาตรฐาน MIL-STD-105E และทำการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมาโดยทำการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ 3 ชนิดคือ เชิงเดี่ยว เชิงคู่ และ Skip Lot เนื่องมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงมากที่สุด โดยมุ่งเน้นให้ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่ำที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ สร้างความน่าเชื่อถือแก่ผู้บริโภคได้