บทที่ 4
แผนควบคุมเชิงคุณภาพ

เมื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถแยกได้เป็นประเภทดีหรือเสีย ผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ ค่าคุณสมบัติที่วัดได้เกิดจากการนับจึงควรใช้แผนภูมิควบคุมเชิงคุณภาพ ซึ่งได้แก่ p chart, np chart, c chart, c_w chart, u chart และ u_w chart

4.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง p chart

การควบคุมสัดส่วนของผลิตภัณฑ์คัดทิ้งโดยใช้ p chart สามารถเขียนได้ทั้งกรณีที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากันในแต่ละกลุ่มและไม่เท่ากันได้ จำนวนของผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง = X ชิ้น ซึ่ง X เป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม ได้

$E(X) = np'$ $\quad Var(X) = np'(1 - p')$

และ $p = X/n =$ จำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งจากตัวอย่าง / ขนาดตัวอย่าง

$E(P) = (1/n)E(X) = p'$; $Var(P) = Var(X/n) = (1/n^2)Var(X) = [p'(1 - p')]/n$

$\sigma_p = \sqrt{[p'(1 - p')]/n} = \sqrt{p'q'/n}$ สามารถหาพิกัดควบคุมได้ดังนี้

ก. กรณีทราบค่า p'

เส้นพิกัดควบคุมบน : $UCL = p' + 3\sqrt{p'q'/n}$

เส้นพิกัดควบคุมล่าง : $LCL = p' - 3\sqrt{p'q'/n}$

เส้นแกนกลาง : $CL = p'$

ข. กรณีไม่ทราบค่า p'

เส้นพิกัดควบคุมบน : $UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n}$

เส้นพิกัดควบคุมล่าง : $LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n}$

เส้นแกนกลาง : $CL = \bar{p}$

เมื่อ $\bar{p} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k} n_i p_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k} X_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i} =$ $\dfrac{\text{ผลรวมของจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งทั้งหมด}}{\text{ขนาดตัวอย่างทั้งหมด}}$

$$\text{หรือ} \quad \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{k} p_i}{k} \qquad \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

ขั้นตอนในการเขียน p chart โดยการเก็บตัวอย่างมาอย่างน้อย 25 กลุ่ม ซึ่งอาจจะมีขนาดตัวอย่างคงที่หรือไม่ก็ได้ แต่ต้องเก็บตัวอย่างมาจากกระบวนการผลิตในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จากนั้นคำนวณหาพิกัดควบคุมเขียนเส้นควบคุม p chart และเขียนจุดของค่า p จากแต่ละกลุ่มแล้วพิจารณาจากแผนภูมิว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ ถ้ามีจุดบางจุดตกนอกพิกัดควบคุม ต้องนำมาพิจารณาว่าเป็นสาเหตุที่ระบุได้หรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่สามารถหาสาเหตุที่ระบุได้ให้ทำการปรับค่า $\bar{p}$ ใหม่ โดยตัดจุดทุกจุดที่เป็นสาเหตุที่ระบุได้ออกไป พร้อมทั้งคำนวณค่า UCL และ LCL ใหม่เขียนเส้นควบคุมบนและล่างลงในแผนภูมิ p chart เดิม จากนั้นพิจารณาว่ามีจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่ ถ้าไม่มีจุดที่ตกนอกแสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม จะได้ $\bar{p}$ ที่ปรับปรุงใหม่นี้เป็นค่าเฉลี่ยของสัดส่วนผลิตภัณฑ์ตัดทิ้งที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป (p') ส่วนการทดสอบแบบรันสามารถทำได้เช่นเดียวกับใน $\bar{X}$ chart หรือ R chart โดยการทดสอบแบบ runs above or below central line หรือ runs up or down

นอกจากการใช้แผนภูมิควบคุม p chart ยังสามารถเขียนแผนภูมิควบคุมแบบอื่น ๆ ที่มีเส้นควบคุมบนหรือล่างเป็นเส้นควบคุมเดียวกันของทุกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ก. p chart ที่มีพิกัดควบคุมเป็นค่ามาตรฐาน (stabilizes p chart) เป็นการกำหนดพิกัดควบคุมด้วยค่ามาตรฐานจะแปลงค่า p ให้เป็นค่า Z โดย $Z = (p - p') / \sigma_p$ เมื่อ $\sigma_p = \sqrt{p' q' / n}$ นำค่า Z จากแต่ละกลุ่มตัวอย่างไปเขียนลงบน stabilies p chart จะมีเส้นควบคุมบน = 3 เส้นควบคุมล่าง = -3 เส้นแกนกลาง = 0

ข. p chart ที่ใช้ขนาดตัวอย่างถัวเฉลี่ย

การเขียนแผนภูมิแบบนี้จะมีเส้นควบคุมเป็นเส้นเดียวกันสำหรับทุกกลุ่มตัวอย่างและถ้ากลุ่มใดมีจุดตกนอกพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมให้พิจารณาเส้นควบคุมเฉพาะของกลุ่มตัวอย่างนั้น ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจุดนั้น ๆ ตกนอกพิกัดควบคุม

ตัวอย่างที่ 1 จากกระบวนการผลิตอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง พบสินค้ามีข้อบกพร่องในแต่ละลำดับของกระบวนการผลิต โดยสุ่มตัวอย่างมา 200 ชิ้น จากแต่ละกระบวนการผลิตดังตารางต่อไปนี้

ลำดับที่กระบวนการผลิต	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
จำนวนข้อบกพร่อง	23	15	17	15	41	0	25	31	29	0	8	16
สัดส่วนของข้อบกพร่อง	.115	.075	.085	.075	.205	0	.125	.155	.145	0	.04	.08

ผลรวมของจำนวนข้อบกพร่อง = 220 จงเขียนแผนภูมิควบคุม p chart พร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

เฉลย

1.

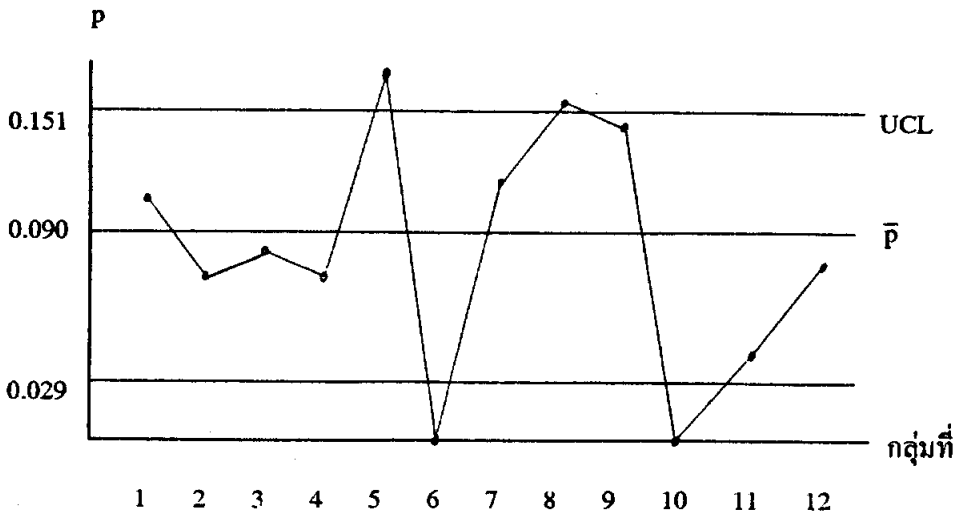
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i}{nN} = \frac{220}{200(12)} = 0.09$$

$$\sigma_p = \sqrt{[\bar{p}(1 - \bar{p})]/n} = \sqrt{(0.09)(0.91)/200} = 0.0202$$

p chart $CL = \bar{p} = 0.09$

$UCL = \bar{p} + 3\sigma_p = 0.09 + 3(0.0202) = 0.09 + 0.0606 = 0.151$

$LCL = \bar{p} - 3\sigma_p = 0.09 - 3(0.0202) = 0.09 - 0.0606 = 0.029$



จากแผนภูมิ p-chart จะเห็นว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะมีจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม คือ ลำดับการผลิตที่ 5,6,8 และ 10

ตัวอย่างที่ 2 ในการผลิตสินค้าต้องการตรวจสอบแบบ 100 % ผลผลิตสามารถรวบรวมเป็นข้อมูลในแต่ละชั่วโมง 16 ชั่วโมงได้ถูกบันทึกไว้ ดังตารางต่อไปนี้

ชั่วโมงที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
จำนวนหน่วยที่ตรวจสอบ	48	36	50	47	48	54	50	42	32	40	47	47	46	46	48	39
จำนวนหน่วยที่อยู่นอกขอบเขต	5	5	0	5	0	3	0	1	5	2	2	4	1	0	3	0

1. จงคำนวณหาพิกัดควบคุมของ p chart แสดงให้เห็นในแต่ละชั่วโมงพร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

2. จงเขียน stabilizes p chart พร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

3. จงหาพิกัดควบคุมของ p chart โดยใช้ขนาดตัวอย่างถัวเฉลี่ย เขียนแผนภูมิแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

เฉลย

(1) ผลรวมของจำนวนหน่วยที่ตรวจสอบ = 720 ผลรวมของจำนวนของเสีย = 36

$\bar{p} = 36 / 720 = 0.05$ $UCL = 0.05 + 3\sqrt{(.05)(.95) / n}$

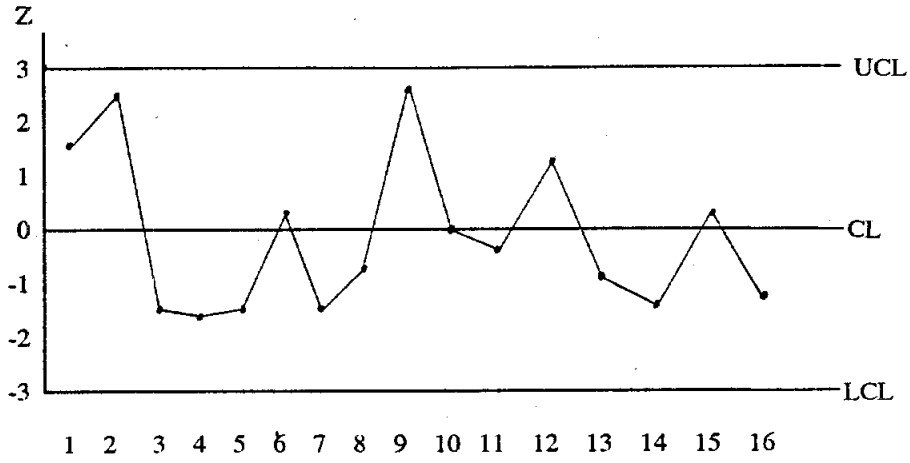
$LCL = 0.05 - 3\sqrt{(.05)(.95) / n}$

ชั่วโมงที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
UCL	.14	.16	.14	.15	.14	.14	.14	.15	.17	.15	.15	.15	.15	.15	.14	.15
p	.10	.14	0	.11	0	.06	0	.02	.16	.05	.04	.09	.02	0	.06	0

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

(2) $\bar{p} = 0.05$ $\sigma_p = \sqrt{(.05)(.95) / n}$ $Z = (p - \bar{p}) / \sigma_p$

ชั่วโมงที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Z	1.67	2.5	-1.6	1.88	-1.6	0.3	-1.6	-0.88	2.82	0	-0.3
ชั่วโมงที่	12	13	14	15	16						
Z	1.25	-0.94	-1.56	0.3	-1.4						



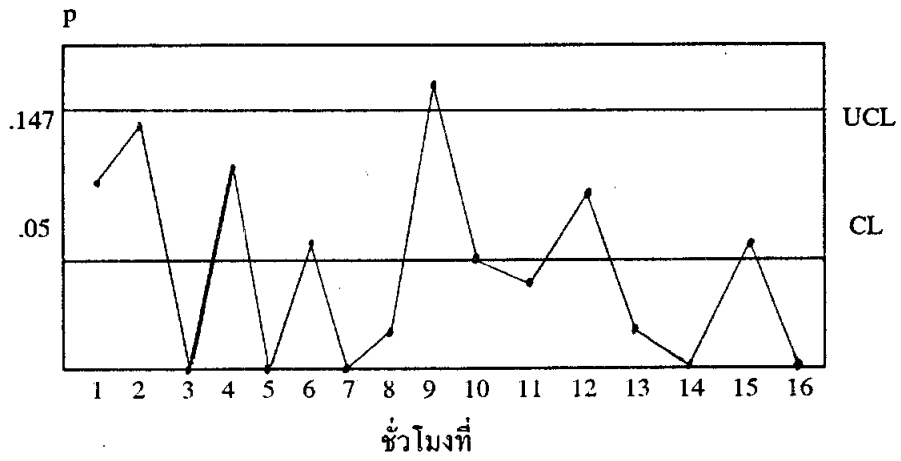
จากแผนภูมิ stabilizes p chart ทุกจุดอยู่ภายใต้เส้นควบคุม

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

(3) ขนาดตัวอย่างถัวเฉลี่ย = 720 / 16 = 45

$3\sigma_p = 3\sqrt{\bar{p}\,\bar{q}\,/}$ ขนาดตัวอย่างถัวเฉลี่ย $= 3\sqrt{(.05)(.95)/45} = 0.097$

UCL = 0.05 + .097 = 0.147 LCL = 0 CL = 0.05



จากแผนภูมิ มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม 1 จุด คือชั่วโมงที่ 9 แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมต้องไปพิจารณาเส้นควบคุมบนของชั่วโมงนั้น คือชั่วโมงที่ 9 มี

p = 0.16 UCL = $0.05 + 3\sqrt{(0.05)(0.95)/32} = 0.17$

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

4.2 แผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง np chart

เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง การสร้างแผนภูมิควบคุม np chart จึงเหมาะ

สม, สะดวก และง่ายมากกว่า p chart เมื่อ X คือจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง X = np

$E(X) = np'$ $\sigma_{np} = \sqrt{np'(1 - p')}$

การหาเส้นควบคุม เมื่อทราบค่า p' $CL = np'$

$$UCL = np' + 3\sqrt{np'(1 - p')}$$

$$LCL = np' - 3\sqrt{np'(1 - p')}$$

เมื่อไม่ทราบค่า p' ได้พิกัดควบคุม คือ $CL = n\bar{p}$

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

เมื่อ $\bar{p} = \Sigma X/nN$

ตัวอย่างที่ 3 จากโจทย์ในตัวอย่างที่ 1 จงคำนวณหา

1. พิกัดควบคุมของจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง
2. จงเขียนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งและสรุปผลที่ได้
3. ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม ถือว่าทุกจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม เป็นสาเหตุที่ระบุได้ จงปรับปรุงพิกัดควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งที่ใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไป

<u>เฉลย</u> 1. ได้ $n = 200$ $n\bar{p} = 220/12 = 18.3$ $\bar{p} = 0.0917$

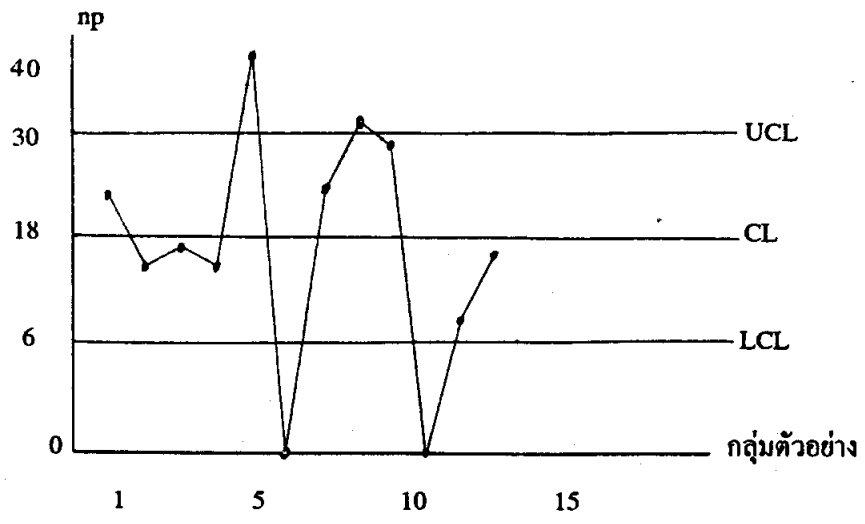
$CL = n\bar{p} = (200)(0.0917) = 18.3$

$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} = 18.3 + 3\sqrt{(18.3)(.9083)}$

$= 18.3 + 12.2 = 30.5$

$LCL = 18.3 - 12.2 = 6.1$

2.



จากแผนภูมิ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม

มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม คือ ลำดับที่ 5 , 6 , 8 และ 10

(3) ปรับค่า $\bar{p}$ ใหม่โดยตัดจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุมออก

$\bar{p}$ = (210 - 41 - 0 - 31 - 0) / (200)(8) = 138 / 8(200) = 0.086

พิกัดควบคุมที่ได้ใหม่ คือ CL = $n\bar{p}$ = 200(0.086) = 17.25

UCL = 17.25 + 11.91 = 29.16

LCL = 17.25 - 11.91 = 5.34

สามารถใช้พิกัดดังกล่าวควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งในกระบวนการผลิตต่อไปได้

4.3 แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่อง เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่ c chart

การนำแผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องพิจารณาจากผลิตภัณฑ์มีรอยตำหนิหนึ่งจุดหรือมากกว่าเมื่อกำหนด c แทนจำนวนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในแต่ละตัวอย่างจะมีการแจกแจงแบบปัวซอง คือ

$$f(c) = \frac{e^{-c'}(c')^{c}}{c!}$$

และ $E(C) = Var(C) = c'$ $\sigma_c = \sqrt{c'}$

เมื่อ c คือจำนวนข้อบกพร่องที่มีอยู่ในแต่ละตัวอย่าง

c' คือจำนวนข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยในแต่ละตัวอย่าง

พิกัดควบคุมของ c chart

1. กรณีทราบค่า c'

$UCL = c' + 3\sqrt{c'}$

$CL = c'$

$LCL = c' - 3\sqrt{c'}$

2. กรณีไม่ทราบค่า c' ให้ประมาณได้จากค่าเฉลี่ย c โดย

$\bar{c} = \Sigma c/N$ = ผลรวมของจำนวนข้อบกพร่อง / จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

$CL = \bar{c}$

$LCL = 3 - 3\sqrt{\bar{c}}$ เมื่อ $\sigma_c = \sqrt{\bar{c}}$

ตัวอย่างที่ 4 จากการตรวจสอบรูปแบบของเครื่องบินครั้งสุดท้ายพบจำนวนข้อบกพร่องจึงต้องทำแผนภูมิควบคุม เก็บตัวอย่างจากเครื่องบิน 50 เครื่อง ได้จำนวนข้อบกพร่องดังตารางต่อไปนี้

หมายเลข	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
จำนวนตำหนิ	7	6	6	7	4	7	8	12	9	9	8	5	5	9	8	15	6

หมายเลข	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
จำนวนตำหนิ	4	13	7	8	15	6	6	10	7	13	4	5	9	3	4	6	7	14	18

หมายเลข	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
จำนวนตำหนิ	11	11	11	8	10	8	7	16	13	12	9	11	11	8

(1) จงคำนวณหาพิกัดควบคุมของแผนภูมิของ 25 เครื่องแรก

(2) จงเขียนแผนภูมิควบคุมพร้อมทั้งลงจุดจาก 25 เครื่องที่เหลือและพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

<u>เฉลย</u> (1)

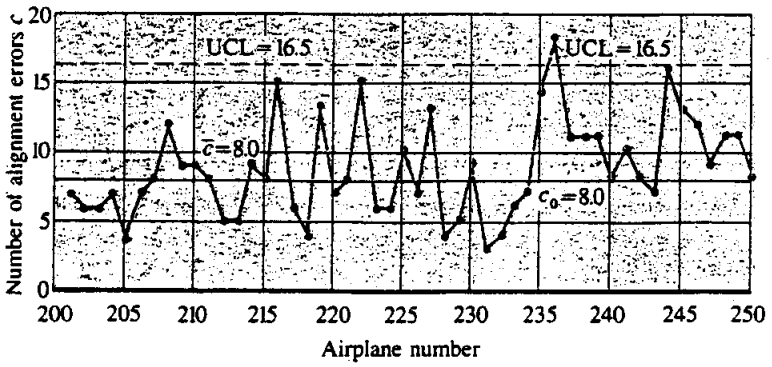
$$\bar{c} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนตำหนิ}}{\text{จำนวนเครื่อง}} = 200/25 = 8$$

$$\sigma_c = \sqrt{\bar{c}} = \sqrt{8}$$

$$UCL = 8 + 3\sqrt{8} = 16.5 \qquad CL = 8$$

$$LCL = 8 - 3\sqrt{8} = \text{ค่าติดลบ ให้เท่ากับ } 0$$

(2) นำจำนวนตำหนิ (c) เขียนจุดลงบนแผนภูมิ c chart



จากแผนภูมิ 25 จุดแรก ไม่มีจุดใดตกนอกพิกัดควบคุมเลย จำนวนข้อบกพร่องโดยเฉลี่ย (c')จึงมีค่าเท่ากับ $\bar{c}$ = 8.0 และเส้นควบคุมบน = 16.5 เป็นพิกัดควบคุมที่สามารถใช้ควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป จึงลงจุด 25 จุดที่เหลือในแผนภูมิดังกล่าว ได้ว่ามีจุดตกนอกเส้นควบคุมบน คือ เครื่องบินหมายเลข 36 จึงพิจารณาค่า $\bar{c}$ จาก 25 จุดหลังได้ว่า

$\bar{c}$ = 236 / 25 = 9.44 แต่จุดที่ตกนอกให้ลบออก ได้

$\bar{c}$ = (236 - 18) / 24 = 9.08 จะได้ว่า 24 จุดหลังมีจำนวนข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าค่า c' = 8 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิต ลองพิจารณาดูจุด 16 จุดสุดท้าย คือ เครื่องหมายเลข 235 - 250 มี 12 จุดที่อยู่เหนือ c' และ 3 จุดอยู่ที่ค่า c' มีเพียง 1 จุดที่ต่ำกว่าค่า c' ถ้าพิจารณาดูแล้วดูเหมือนว่าค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่มันทำให้มีผลโดยตรงต่อการที่จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เลวลง จึงควรเพิ่มการตรวจสอบมากขึ้นมีการเก็บตัวอย่างถี่ขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว

4.4 แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิเป็นมูลค่าของความเสียหายเมื่อขนาดตัวอย่างคงที่ (C_w chart)

แผนภูมิควบคุมประเภทนี้จะกำหนดน้ำหนักของรอยตำหนิแต่ละชนิดตามมูลค่าความเสียหาย โดยจะมีมูลค่าของความเสียหายของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทแตกต่างกันตัวอย่างเช่น ถ้ารอยตำหนิทั้งหมด มีอยู่ 8 แห่ง ความเสียหายแต่ละชนิดให้น้ำหนักออกมาได้ดังนี้

ชนิดของตำหนิ (i)	น้ำหนัก (w_i)	จำนวนตำหนิ ในแต่ละชนิด (c_i)	มูลค่าความเสียหาย จากรอยตำหนิแต่ละชนิด ($c_i w_i$)
1. รอยตำหนิขั้นร้ายแรง	0.65	0	0
2. รอยตำหนิค่อนข้างร้ายแรง	0.25	2	0.50
3. รอยตำหนิขั้นปานกลาง	0.09	4	0.36
4. รอยตำหนิขั้นไม่ร้ายแรง	0.01	2	0.02
	1.00	C = 8	C_w = 0.88

จะได้ว่า จำนวนตำหนิทั้งหมด 8 แห่ง แต่มีมูลค่าความเสียหาย เท่ากับ 0.88 นำค่า c_w ที่ได้ ไป plot ใน c_w chart

$$UCL = \bar{C}_w + 3\sigma_{Cw}$$

$$LCL = \bar{C}_w - 3\sigma_{Cw}$$

$$CL = \bar{C}_w$$

เมื่อ $\bar{C}_w = \sum_{i=1}^{k} w_i \bar{c}_i$ = ค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยต่อหนึ่งตัวอย่าง

$$\sigma_{C_w} = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} w_i^2 \bar{c}_i}$$

$\bar{c}_i$ = จำนวนตำหนิโดยเฉลี่ย ในชนิดรอยตำหนิที่ i

C_w chart จะช่วยทำให้ตัดสินใจได้ว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ดีหรือไม่ ซึ่งจะให้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพได้ดีกว่าแผนภูมิควบคุมชนิดอื่นๆ ถ้า C_w chart แสดงอาการ out of control ทำให้ทราบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ถ้า C chart มีจุดตกนอก control limits แต่ใน C_w chart ไม่มีจุดที่ตกนอก control limits แสดงว่า รอยตำหนิส่วนใหญ่ เป็นรอยตำหนิที่ไม่ร้ายแรงนัก แต่กรณีที่ มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม ทั้ง C chart และ C_w chart ทางโรงงานจะต้องหาทางปรับปรุงแก้ไข

4.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่อง เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่ u chart

ในการควบคุมจำนวนข้อบกพร่อง ถ้าแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน สามารถควบคุมได้ 3 ประเภท คือ

ก. ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ให้ใช้ C chart

ข. ขนาดตัวอย่าง แตกต่างกันบ้าง แต่ไม่มากนัก ให้ใช้ u chart ซึ่งจะมีเส้นควบคุมบนร่วมกันในทุกตัวอย่าง เพราะใช้ค่าเฉลี่ยของขนาดตัวอย่างในการคำนวณ

โดย n = ค่าเฉลี่ยของขนาดตัวอย่าง = ผลรวมของขนาดตัวอย่างทั้งหมด / จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

และ $\bar{u}$ = ผลรวมของจำนวนข้อบกพร่องทั้งหมด / ผลรวมของขนาดตัวอย่างทั้งหมด

$$= \frac{\sum_{i}^{k} c_i}{\sum_{i}^{k} n_i}$$

$u_i = c_i / n_i \qquad i = 1(1)k$

พิกัดควบคุมคือ $CL = \bar{u}$

$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$

$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$

ค. ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันมาก ให้ใช้ u chart โดยต้องกำหนดให้ชัดเจนว่า 1 หน่วยตรวจสอบหมายถึงอะไร และต้องคงที่ตลอดการตรวจสอบเสมอ u chart จะมีเส้นแกนกลางร่วมกันทุกตัวอย่าง แต่เส้นควบคุมบนของแต่ละตัวอย่างจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง

$$u = c/k \qquad \bar{u} = \Sigma c \; / \; \Sigma k$$

เมื่อ u = จำนวนข้อบกพร่องต่อหนึ่งหน่วยตรวจสอบ

c = จำนวนข้อบกพร่อง

k = จำนวนหน่วยตรวจสอบ

พิกัดควบคุม คือ

ก. กรณีทราบค่า u'

$$UCL = u' + 3\sqrt{u' / k} \qquad CL = u'$$

$$LCL = u' - 3\sqrt{u' / k}$$

ข. กรณีไม่ทราบค่า u'

$$CL = \bar{u} \qquad UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u} / k}$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u} / k}$$

ตัวอย่างที่ 5 กระบวนการผลิตเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ 10 ลอต ได้ผลดังนี้

ลอตที่	ขนาดที่ตรวจ	จำนวนข้อบกพร่อง	ลอตที่	ขนาดที่ตรวจ	จำนวนข้อบกพร่อง
1	200	5	6	250	5
2	200	7	7	90	2
3	250	7	8	120	4
4	300	9	9	90	1
5	100	3	10	80	1

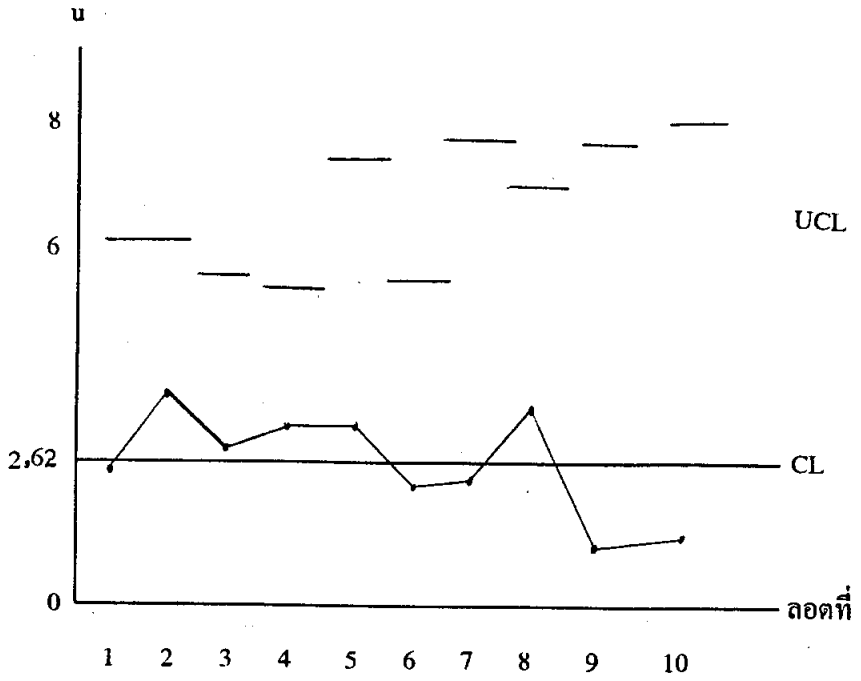
กำหนด 1 หน่วยตรวจสอบ เท่ากับ ขนาดที่ตรวจ 100

จงเขียนแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิต พร้อมทั้งสรุปผล

ลอตที่	k	c	u = c/k	UCL = $\bar{u} + 3\sqrt{\bar{u} / k}$
1	2.0	5	2.5	6.05
2	2.0	7	3.5	6.05
3	2.5	7	2.8	5.69
4	3.0	9	3.0	5.42
5	1.0	3	3.0	7.48

ลอตที่	k	c	u = c/k	UCL = 2.62 + 3$\sqrt{2.62/k}$
6	2.5	5	2.0	5.69
7	0.9	2	2.2	7.74
8	1.2	4	3.3	7.05
9	0.9	1	1.1	7.74
10	0.8	1	1.3	8.05
ผลรวม	16.8	44		

เมื่อ $\bar{u}$ = 44 / 16.8 = 2.62 นำค่า u ของแต่ละลอตลงจุดในแผนภูมิ



จากแผนภูมิไม่มีจุดใดตกนอกเส้นควบคุม นั่นคือกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

4.6 แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องที่ตีเป็นมูลค่าความเสียหาย เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่

u_w chart

เนื่องจากขนาดตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบไม่เท่ากันจึงต้องกำหนด 1 หน่วยตรวจสอบและ

$\bar{u}_i$ = จำนวนข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยตรวจสอบของแต่ละประเภทข้อบกพร่องจากตัวอย่างทั้งหมด

$$\bar{u}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} c_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} k_j}$$

เมื่อ i คือประเภทข้อบกพร่อง

j คือตัวอย่างที่ ; j = 1(1)m

r คือจำนวนประเภทของข้อบกพร่อง

k_j คือหน่วยตรวจสอบในตัวอย่างที่ j

w_i คือน้ำหนักที่ถ่วงในประเภทข้อบกพร่องที่ i

$$u_w = \sum_{i=1}^{r} w_i u_i$$

$$\bar{u}_w = \sum_{i=1}^{r} w_i \bar{u}_i$$

$$\sigma_w = \sqrt{\sum_{i=1}^{r} w_i^2 \bar{u}_i}$$

ได้พิกัดควบคุม คือ

$$CL = \bar{u}_w$$

$$UCL = \bar{u}_w + 3\sigma_w$$

$$LCL = \bar{u}_w - 3\sigma_w$$

เฉลยแบบฝึกหัด

1. ในการตรวจสอบของแผนกประกอบวิทยุจากช่วงเวลาที่กำหนด เก็บรวบรวมจำนวนตำหนิ จาก 25 หน่วยย่อย ได้ข้อมูลดังนี้

หน่วยย่อยที่	จำนวนตำหนิ	หน่วยย่อยที่	จำนวนตำหนิ
1	70	14	40
2	64	15	21
3	81	16	56
4	105	17	91
5	40	18	70
6	62	19	65
7	53	20	50
8	48	21	28
9	82	22	24
10	90	23	60
11	110	24	75
12	54	25	25
13	88		

1. จงเขียนแผนภูมิควบคุมจากข้อมูลที่ได้ พร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ โดยทุกจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุม ถือว่าเป็น assignable cause จงหาพิกัดควบคุมสำหรับใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป

2. ในช่วงเวลาต่อมา โรงงานได้เก็บรวบรวมจำนวนตำหนิ อีก 25 หน่วยย่อย จงเขียนข้อมูลที่ได้ลงบนแผนภูมิที่ได้จาก (1) พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้จากแผนภูมิ

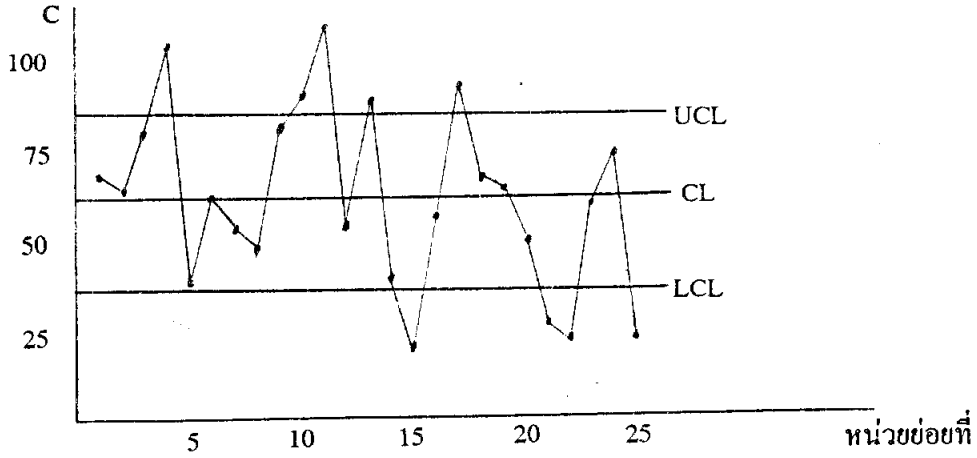
หน่วยย่อยที่	จำนวนตำหนิ	หน่วยย่อยที่	จำนวนตำหนิ
26	35	39	49
27	14	40	37
28	21	41	51
29	33	42	54
30	40	43	45
31	63	44	33
32	62	45	41
33	55	46	57
34	65	47	50
35	70	48	63
36	45	49	48
37	38	50	49
38	38		

(1) ผลรวมของจำนวนตำหนิเท่ากับ 1,552 $\bar{C}$ = 62.08 $3\sqrt{\bar{C}}$ = 23.64

พิกัดควบคุม คือ CL = 62.08

UCL = 62.08 + 23.64 = 85.72

LCL = 62.08 - 23.64 = 38.44



จากแผนภูมิ มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม คือหน่วยย่อยที่ 4,10,11,13,15,17,21,22,25

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม

แต่จุดที่ตกนอกพิกัดควบคุมเป็น assignable cause จึงลบค่านั้นออกได้

$\bar{C}$ = (1,552 - 105 - 90 -110 - 88 - 21 - 91 - 28 - 24 - 25) / 16 = 970 / 16

= 60.625

$3\sqrt{\bar{C}}$ = 3 (7.786) = 23.358

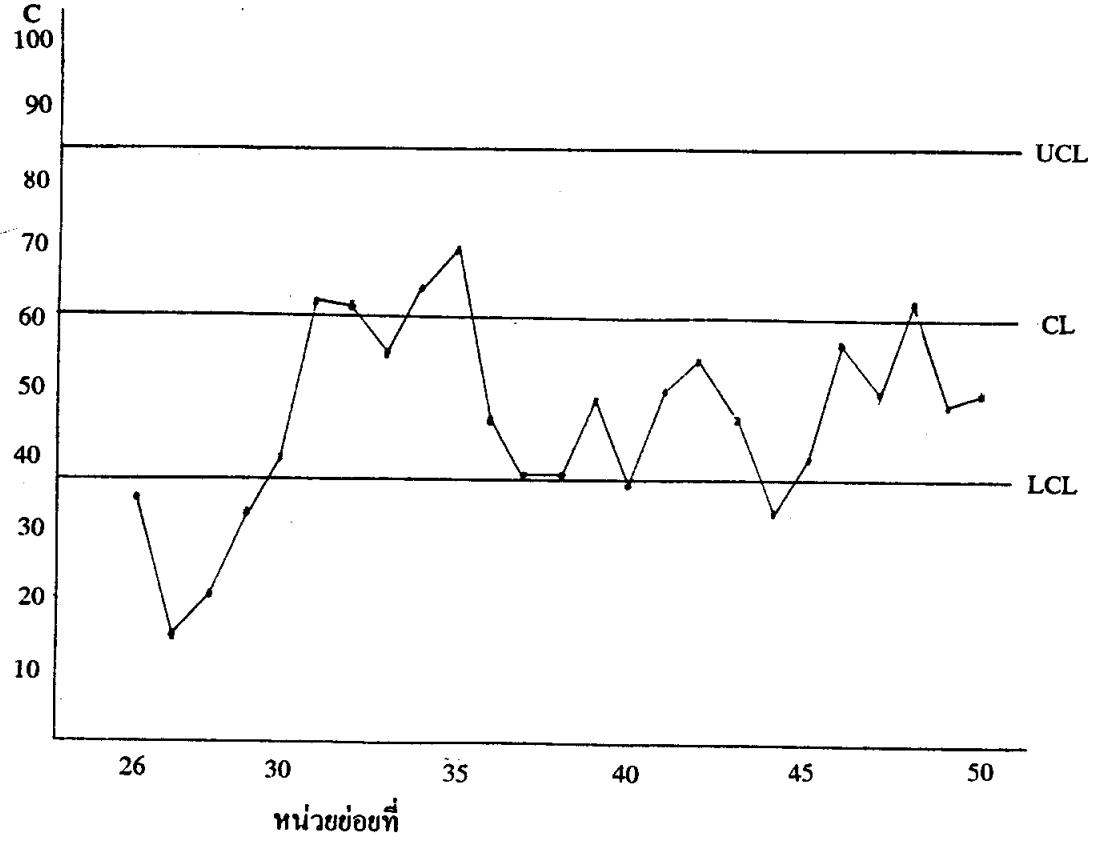
พิกัดควบคุมใหม่ คือ CL = 60.625

UCL = 60.625 + 23.358 = 83.983

LCL = 60.625 - 23.358 = 37.267

ซึ่งเป็นพิกัดควบคุมที่ใช้ควบคุมในกระบวนการผลิตต่อไปได้

(2)



จากแผนภูมิมีจุดตกนอกเส้นควบคุมล่าง 6 จุด และหลายจุดอยู่ใต้เส้นแกนกลาง จำนวนตำหนิของแต่ละหน่วยย่อยน้อยลง แสดงว่าอาจเกิดการเลี่ยนแปลงอะไรบางอย่าง ต้องไปหาข้อเท็จจริง เพื่อพิจารณาพิกัดควบคุมที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป

2. โรงงานผลิตสายไฟ นับจำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงักในกระบวนการผลิต แต่ละครั้งเพื่อให้ได้ความยาวตามที่ต้องการ ได้ข้อมูลดังนี้

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก	ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก	ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก
1	1	11	6	21	16
2	1	12	1	22	20
3	3	13	1	23	1
4	7	14	10	24	6
5	8	15	5	25	12
6	1	16	0	26	4
7	2	17	19	27	5
8	1	18	9	28	14
9	8	19	2	29	6
10	7	20	3	30	8

จากข้อมูลเหล่านี้ มาจากกระบวนการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

$\bar{C} = 187 / 30 = 6.23 \qquad 3\sqrt{\bar{C}} = 7.49$

$CL = 6.23$

$UCL = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} = 6.23 + 7.49 = 13.72$

$LCL = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} = 0$

มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม คือ ครั้งที่ 17 , 21 , 22 และ 28

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม

3. จากการเก็บตัวอย่าง 28 วันๆ ละ 50 ชิ้น ได้จำนวนคัดทิ้งในแต่ละวัน ดังตาราง

วันที่	จำนวนคัดทิ้ง	วันที่	จำนวนคัดทิ้ง	วันที่	จำนวนคัดทิ้ง	วันที่	จำนวนคัดทิ้ง
1	5	8	18	15	6	22	13
2	7	9	10	16	9	23	8
3	11	10	8	17	10	24	23
4	9	11	18	18	11	25	34
5	16	12	19	19	13	26	25
6	19	13	6	20	30	27	18
7	25	14	8	21	26	28	12

1. จงคำนวณค่าพิกัดควบคุมของ p chart และ np chart
2. จงพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม จงทดสอบโดยใช้ Run Test ว่าการอยู่นอกการควบคุม เป็นผลมาจากกระบวนการแบบสุ่มหรือไม่
4. จงหาพิกัดควบคุมที่จะใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป เมื่อทุกจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุมถือว่าเป็นประเภทสาเหตุที่ระบุได้

(1)

วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
p	.1	.14	.22	.18	.32	.38	.5	.36	.2	.16	.36	.38	.12	.16
วันที่	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
p	.12	.18	.2	.22	.26	.6	.52	.26	.16	.46	.68	.5	.36	.24

พิกัดควบคุมของ p chart

$\bar{p}$ = 417 / [(28)(50)] = 0.30 $3\sqrt{\bar{p}\,\bar{q}\,/\,n}$ = 0.194

CL = 0.30

UCL = 0.30 + 0.194 = 0.494

LCL = 0.30 - 0.194 = 0.106

พิกัดควบคุมของ np chart

$n\bar{p}$ = 417 / 28 = 14.89 $3\sqrt{n\,\bar{p}\,\bar{q}}$ = 9.69

CL = 14.89

UCL = 14.89 + 9.69 = 24.58

LCL = 14.89 - 9.69 = 5.2

(2) กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมเพราะมีจุดตกนอกพิกัดควบคุมหลายจุด

(3) H_0 : กระบวนการเป็นไปแบบสุ่ม

H_1 : กระบวนการไม่เป็นเชิงสุ่ม

ได้เครื่องหมาย คือ - - - - + + + + - - + + - - - - - - - + + - - + + + + -

u = 9 r = 12 s = 16 จากตาราง B ได้ค่า k = 10 ได้

u < k เราจะปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การอยู่นอกการควบคุมเป็นผลมาจากกระบวนการแบบไม่เป็นเชิงสุ่ม

(4) ต้องปรับปรุงค่า $n\bar{p}$ ใหม่ โดยตัดจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุมออกได้

$n\bar{p}$ = (417 - 5 - 25 - 30 - 26 - 34 - 25) / 22 = 272 / 22 = 12.364

$\bar{q}$ = 0.753 $3\sqrt{n\,\bar{p}\,\bar{q}}$ = 9.15

พิกัดควบคุมที่ได้ใหม่ของ np chart คือ

CL = 12.36

UCL = 12.36 + 9.15 = 21.51

LCL = 12.36 - 9.15 = 3.21

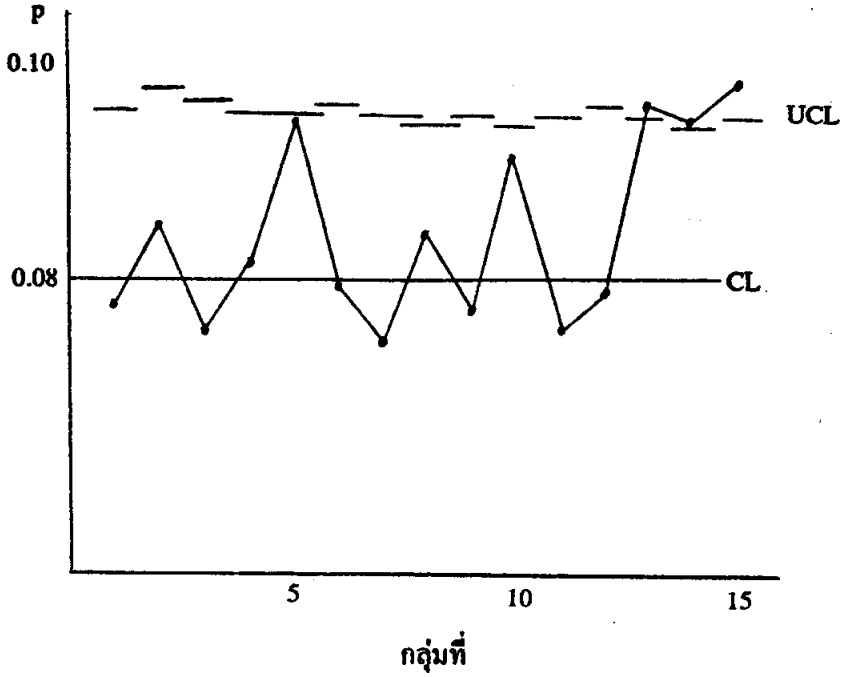
เป็นพิกัดควบคุมที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ถึงแม้ว่าวันที่ 24 จะตกนอกพิกัดควบคุมบนแต่ถ้าปรับปรุงพิกัดควบคุมใหม่ก็จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

4. ค่ามาตรฐานของ $p' = 0.08$ เก็บข้อมูลจาก 15 กลุ่มย่อย ได้ค่าดังนี้

กลุ่มที่	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง
1	2500	180
2	2100	179
3	2400	156
4	2700	222
5	2500	238
6	2300	182
7	2500	157
8	3000	252
9	2700	189
10	3000	276
11	2500	160
12	2400	180
13	2500	243
14	3000	288
15	2500	248

จงเขียนแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตนี้ พร้อมทั้งสรุปผล

กลุ่มที่	p	UCL = $p' + 3\sqrt{p'q'/n}$
1	.072	0.096
2	.085	0.098
3	.065	0.097
4	.082	0.096
5	.095	0.096
6	.079	0.097
7	.063	0.096
8	.084	0.095
9	.07	0.096
10	.092	0.095
11	.064	0.096
12	.075	0.097
13	.097	0.096
14	.096	0.095
15	.099	0.096



กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมเพราะมีจุดที่ตกนอกเส้นควบคุมบน คือ กลุ่มที่ 13,14,15

5. เก็บข้อมูลมา 10 กลุ่ม มีจำนวนข้อบกพร่องของแต่ละกลุ่มตามตารางที่กำหนดให้

โดยมี $u' = 3.6$ จงพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

กลุ่มที่	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนข้อบกพร่อง (c)	k	u = c/ k	UCL
1	22	66	22	3.00	4.81
2	25	112	25	4.48	4.74
3	20	86	20	4.30	4.87
4	18	18	18	1.00	4.94
5	20	84	20	4.20	4.87
6	20	66	20	3.30	4.87
7	25	125	25	5.00	4.74
8	25	75	25	3.00	4.74
9	22	107	22	4.86	4.81
10	25	120	25	4.80	4.74

$u' = 3.6$ $\quad CL = 3.6 \quad UCL = 3.6 + 3\sqrt{(3.6)/k}$

$LCL = 3.6 - 3\sqrt{(3.6)/k}$

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะมีกลุ่มที่ 7 , 9 , 10 อยู่เหนือเส้นควบคุมบน และกลุ่มที่ 4 มี LCL = 2.26 ค่า u น้อยกว่า LCL

6. โรงงานผลิตเครื่องซักผ้า ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องซักผ้า ได้ตัวเลขดังนี้

ตัวอย่างที่	จำนวนเครื่องที่ตรวจ	จำนวนข้อบกพร่องที่พบ					หมายเหตุ
		เครื่องไม่ตัดการทำงานเมื่อสิ้นสุดโปรแกรม	มอเตอร์ไม่ทำงาน	เครื่องไม่ซัก	เครื่องทำงานไม่ครบโปรแกรม	ผ้าถูกเครื่องซักขาด	
1	30	3	5	2	7	4	
2	25	1	0	3	2	6	
3	30	2	1	2	1	10	ในตัวอย่างที่ 3 3 เครื่องที่ใบพัดซักแตก ทำให้ผ้าถูกเครื่องซักขาด
4	20	0	1	1	0	3	
5	25	1	1	1	2	4	
6	30	2	0	1	0	3	
7	20	1	1	0	0	7	
8	20	1	0	1	2	4	

หมายเหตุ 1. ถ้าเครื่องซักผ้า 5 เครื่อง คือ 1 หน่วยตรวจสอบ

2. ประเมินความเสียหายเนื่องจากข้อบกพร่องต่างๆ ได้ดังนี้

เครื่องไม่ตัดการทำงาน เมื่อสิ้นสุดโปรแกรม	0.20
มอเตอร์ไม่ทำงาน	0.30
เครื่องไม่ซัก	0.30
เครื่องทำงานไม่ครบโปรแกรม	0.20
ผ้าถูกเครื่องซักขาด	0.50

1. จากข้อมูลที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า เครื่องซักผ้าที่ผลิตจากโรงงานนี้ จะมีสัดส่วนของเครื่องซักผ้าที่มีข้อบกพร่องเพราะผ้าถูกเครื่องซักขาด 8% โรงงานต้องการจะควบคุมสัดส่วนของข้อบกพร่องดังกล่าว จงเขียนแผนภูมิควบคุม โดยใช้ stabilized p chart และวิจารณ์ผลที่ได้
2. จงเขียนแผนภูมิควบคุม จำนวนเครื่องทำงานไม่ครบโปรแกรม พร้อมทั้งสรุปข้อคิดเห็น
3. จงเขียนแผนภูมิควบคุม จำนวนข้อบกพร่องที่ดีเป็นมูลค่าของความเสียหาย พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นจากแผนภูมิ

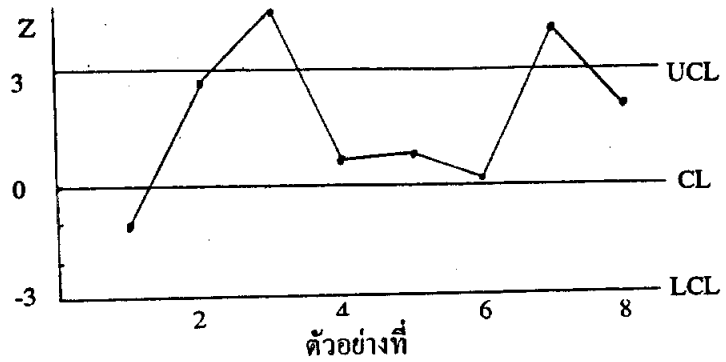
(1) $p' = 0.08$

ตัวอย่างที่	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนข้อบกพร่อง	p	$Z = (p - p')/\sigma_p$
1	30	4	.13	- 1.01
2	25	6	.24	2.96
3	30	10	.33	5.05
4	20	3	.15	1.15
5	25	4	.16	1.48
6	30	3	.10	0.40
7	20	7	.35	4.45
8	20	4	.20	1.98

$\sigma_p = \sqrt{p' q' / n}$ ถ้า $n = 30$ $\sigma_p = 0.0495$

$n = 25$ $\sigma_p = 0.054$

$n = 20$ $\sigma_p = 0.0607$



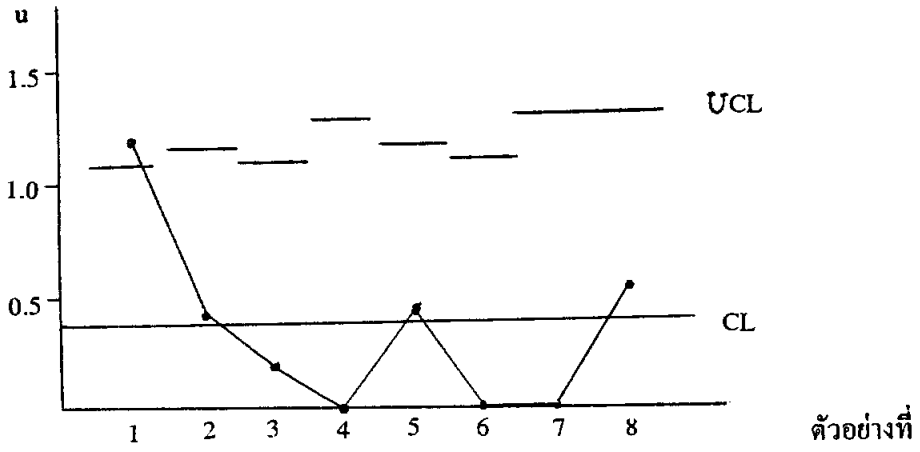
นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมเพราะมีจุดตกนอกเส้นควบคุมบน 2 จุด คือตัวอย่างที่ 3 และ 7

(2) กำหนด 1 หน่วยตรวจสอบ เท่ากับ เครื่องซักผ้า 5 เครื่อง

ตัวอย่างที่	จำนวนเครื่อง	k	c	u	UCL
1	30	6	7	1.17	1.07
2	25	5	2	0.4	1.14
3	30	6	1	0.17	1.07
4	20	4	0	0	1.24
5	25	5	2	0.4	1.14
6	30	6	0	0	1.07
7	20	4	0	0	1.24
8	20	4	2	0.5	1.24

$\bar{u} = \sum c / \sum k = 14 / 40 = 0.35$

$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u} / k}$



กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะตัวอย่างที่ 1 อยู่เหนือเส้นควบคุมบน

(3) $\sum c_{1j} = 11$ $\sum c_{2j} = 9$ $\sum c_{3j} = 11$ $\sum c_{4j} = 14$

$\sum c_{5j} = 41$ $j = 1(1)8$

$\bar{u}_1 = \sum c_{1j} / \sum k_j = 11/40 = 0.275$ $j = 1(1)8$

$\bar{u}_2 = 9/40 = 0.225$ $\bar{u}_3 = 11/40 = 0.275$

$\bar{u}_4 = 14/40 = 0.35$ $\bar{u}_5 = 41/40 = 1.025$

ตัวอย่างที่	k	w_1 .2	w_2 .3	w_3 .3	w_4 .2	w_5 .5	u_1w_1	u_2w_2	u_3w_3	u_4w_4	u_5w_5	u_w
1	6	3	5	2	7	4	.1	.25	.1	.23	.33	1.01
2	5	1	0	3	2	6	.04	0	.18	.08	.6	0.9
3	6	2	1	2	1	10	.07	.05	.1	.03	.83	1.08
4	4	0	1	1	0	3	0	.08	.08	0	.38	0.54
5	5	1	1	1	2	4	.04	.06	.06	.08	.4	0.64
6	6	2	0	1	0	3	.07	0	.05	0	.25	0.37
7	4	1	1	0	0	7	.05	.08	0	0	.88	1.01
8	4	1	0	1	2	4	.05	0	.08	.1	.5	0.73

เมื่อ $u_w = u_1w_1 + u_2w_2 + u_3w_3 + u_4w_4 + u_5w_5$

$\bar{u}_w = \sum w_i \bar{u}_i = (.2)(.275) + (.3)(.225) + (.3)(.275) + (.2)(.35) + (.5)(1.025)$

$= 0.7875$ $i = 1(1)5$

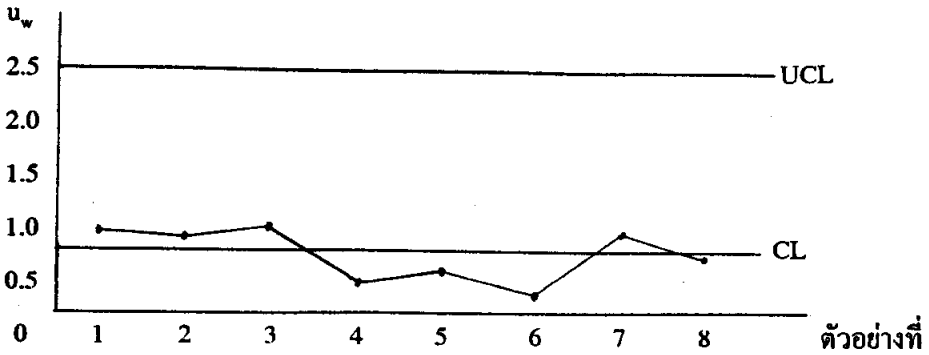
$\bar{u}_w = 0.7875$ หมายความว่า โดยเฉลี่ยแล้วมูลค่าความเสียหายต่อหนึ่งหน่วยตรวจสอบ เป็น 0.7875

$\sigma_{uw} = \sqrt{\sum w_i^2 \bar{u}_i} = \sqrt{(.2)^2(.275) + (.3)^2(.225) + \ldots + (.5)^2(1.025)}$

$= \sqrt{0.32625} = 0.5712$

UCL = 0.7875 + 3 (0.5712) = 2.5

CL = 0.7875 LCL = 0



จากแผนภูมิไม่มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม

สรุปได้ว่า กระบวนการผลิตที่มีข้อบกพร่องถือว่าเป็นข้อบกพร่องที่มีมูลค่าของความเสียหายน้อยมาก คือกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมไม่สามารถทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่ำลง

7. โรงงานผลิตถ่านไฟฉายได้เก็บตัวอย่างถ่านไฟฉายวันละ200 ก้อนเป็นเวลา 12 วันได้ข้อมูล ดังนี้

วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
จำนวนชำรุด	5	8	10	4	6	8	7	15	10	12	18	9
p	.025	.04	.05	.02	.03	.04	.035	.075	0.05	.06	.09	.045

จงพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ เพราะเหตุใด และจงหาพิกัดควบคุม ที่จะใช้ในกระบวนการผลิตถ่านไฟฉายต่อไป โดยทุกจุดที่ตกนอก control limits ถือว่าเป็นสาเหตุที่ระบุได้

ผลรวมของจำนวนชำรุด = 112 $\quad \bar{p} = 112 / (200 \times 12) = 0.047$

$\sigma_p = \sqrt{(.047)(.953) / 200} = 0.014$

CL = 0.047

UCL = 0.047 + 3 (0.014) = 0.089 = 0.09

LCL = 0.047 - 0.042 = 0.005

สรุปได้ว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

8.จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งในแต่ละลอตพบผลิตภัณฑ์ที่คัดทิ้งดังตาราง

ลอตที่	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนคัดทิ้ง	ลอตที่	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนคัดทิ้ง
1	200	3	11	120	2
2	200	1	12	150	4
3	150	1	13	150	3
4	100	1	14	80	1
5	250	2	15	350	2
6	100	2	16	400	5
7	300	5	17	300	4
8	250	4	18	250	2
9	350	7	19	200	5
10	200	4	20	160	7

1. จงขียนแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง โดยค่าคาดหวังของจำนวนชิ้นที่นำตรวจต่อลอตเท่ากับ 200 ชิ้น
2. จงหาพิกัดควบคุม ที่สามารถใช้ควบคุมการผลิตต่อไปได้ และจงคำนวณความน่าจะเป็นที่จะตรวจพบผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง
   2.1 อย่างน้อยที่สุด 6 ชิ้น
   2.2 เท่ากับ 7 ชิ้น

(1) ผลรวมของจำนวนคัดทิ้ง = 65 $\bar{p}$ = 65 / (200x20) = 0.016

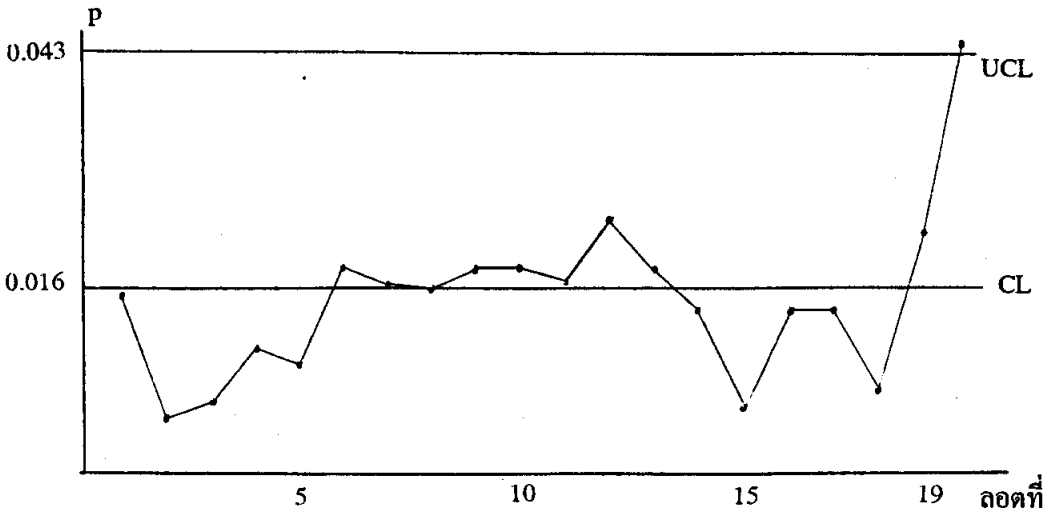
$\bar{q}$ = 0.984 $\sigma_p = \sqrt{(.016)(.984) / 200} = 0.0089$

CL = 0.016

UCL = 0.016 + 3 (0.0089) = 0.043

LCL = 0

ลอตที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p	.015	.005	.007	.01	.008	.02	.017	.016	.02	.02
ลอตที่	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
p	.017	.027	.02	.013	.006	.013	.013	.008	.025	.044



(2) p' = 0.016 เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไปได้

(2.1) P [ตรวจพบผลิตภัณฑ์คัดทิ้งอย่างน้อยที่สุด 6 ชิ้น]

= P [$X \geq 6 \mid np' = 200(0.016) = 3.2$]

= 1 - P [$X \geq 5 \mid np' = 200(0.016) = 3.2$] = 1 - 0.895 = 0.105

(2.2) P [ตรวจพบผลิตภัณฑ์คัดทิ้งเท่ากับ 7 ชิ้น]

$= P[X = 7 \mid np' = 200(0.016) = 3.2] = 0.983 - 0.955 = 0.028$

หมายเหตุ สามารถหาค่าความน่าจะเป็นได้จากตาราง E ที่ $np' = 3.2$

9. โรงงานผลิตไม้อัด เก็บตัวอย่างไม้อัดมาตรวจสอบรอยตำหนิ แยกประเภทได้ ประเภทที่ 1 ไม้มีรอยพอง ($w_1 = 0.3$) ประเภทที่ 2 ไม้มีรอยข่วน ($w_2 = 0.07$) ประเภทที่ 3 มีรอยตาไม้ ($w_3 = 0.03$) ประเภทที่ 4 ไม้มีรอยแตก ($w_4 = 0.6$) โดยสุ่มตัวอย่างมา 10 แผ่น นับจำนวนตำหนิแต่ละประเภท ได้ข้อมูลดังนี้

แผ่นที่	จำนวนตำหนิ	ประเภทของรอยตำหนิ			
		1	2	3	4
1	7	1	3	2	1
2	6	0	4	2	0
3	6	1	2	3	0
4	7	0	5	1	1
5	4	1	0	3	0
6	8	3	4	1	0
7	12	4	5	3	0
8	9	2	4	1	2
9	4	1	0	0	3
10	5	1	2	1	1

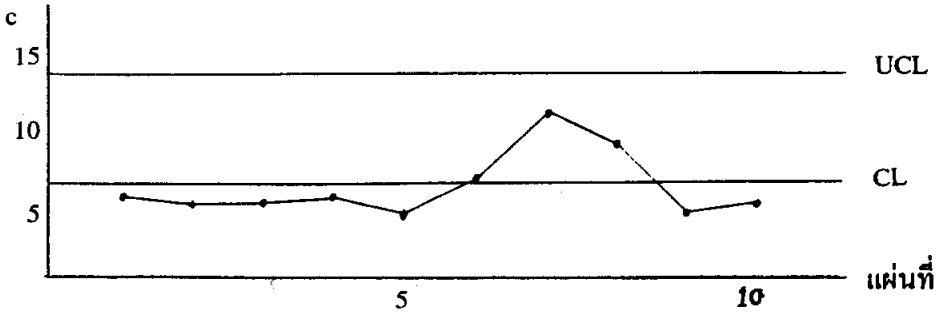
จงเขียนแผนภูมิ C chart และ C_w พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้จากแผนภูมิ

พิกัดควบคุมของ c chart คือ

$\bar{c} = 68 / 10 = 6.8 \qquad 3\sqrt{\bar{c}} = 7.82$

$CL = 6.8$

$UCL = 6.8 + 7.82 = 14.62 \qquad LCL = 0$



จากแผนภูมิไม่มีจุดใดตกนอกพิกัดควบคุม

นั่นคือ กระบวนผลิตไม้อัดอยู่ภายใต้การควบคุม

พิกัดควบคุมของ c_w chart

i	w_i	c_i	$\bar{c}_i = c_i / 10$	$w_i \bar{c}_i$	$w_i^2 \bar{c}_i$
1	.3	14	1.4	.42	.126
2	.07	29	2.9	.203	.014
3	.03	17	1.7	.051	.0015
4	.6	8	0.8	.48	.288
รวม		68	$\bar{c} = 6.8$	$\bar{c}_w = 1.154$	$\sum w_i^2 \bar{c}_i = .4295$

$\sigma_{cw} = \sqrt{0.4295} = 0.6554$

$CL = \bar{c}_w = 1.154$

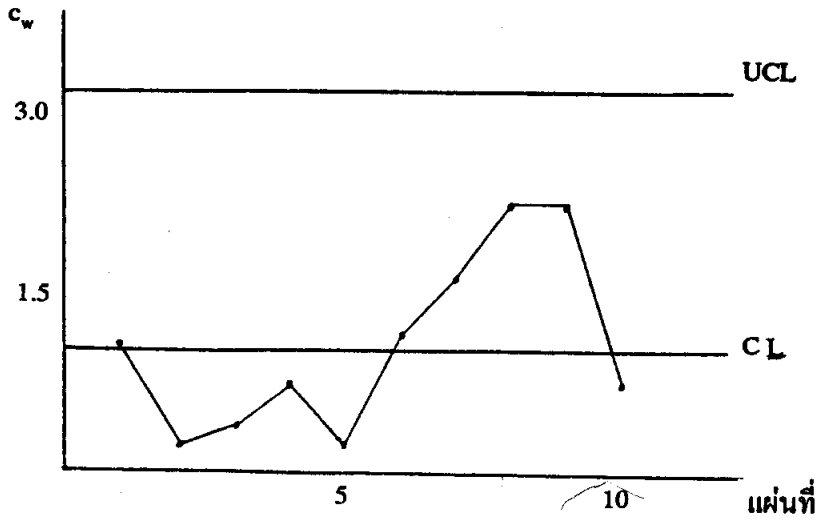
$UCL = 1.154 + 3\,(0.6554) = 3.2$

$LCL = 0$

การหา c_w ในตัวอย่างที่ 1 ได้ดังนี้

$c_w = 1(0.3) + 3(0.07) + 2(0.03) + 1(0.6) = 1.17$

แผ่นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c_w	1.17	0.34	0.53	0.98	0.39	1.21	1.64	2.11	2.1	1.07



จากแผนภูมิ c_w chart ไม่มีจุดใดตกนอกพิกัดควบคุม

นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

10. ในการตรวจสอบคุณภาพของผ้าที่ผลิตได้ จึงสุ่มตัวอย่างผ้ามาลอตละ 200 ตารางหลา นับจำนวนตำหนิ ได้ข้อมูลดังนี้

ลอตที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
จำนวนตำหนิ	3	4	7	15	4	1	2	3	4	8	18	6	5	5
ลอตที่	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
จำนวนตำหนิ	2	2	1	2	3	4	6	2	8	4	6			

1. จงหาพิกัดควบคุม ที่จะใช้ในการควบคุมการผลิต
2. โรงงานกำหนดว่า ในการตรวจผ้าจากลอตใดๆ ถ้ามีจำนวนตำหนิมากกว่า 7 จุด จะเป็นผ้าที่มีตำหนิ จงประมาณเปอร์เซนต์ของผ้าที่มีตำหนิ เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

ผลรวมของจำนวนตำหนิ = 125 $\quad \bar{c} = 125 / 25 = 5$

$3\sqrt{\bar{c}} = 3\sqrt{5} = 6.71$

(1) พิกัดควบคุมคือ $\quad CL = 5$

$UCL = 5 + 6.71 = 11.71$

$LCL = 0$

เนื่องจากมีจุดตกนอกพิกัดควบคุม 2 จุด คือ ลอตที่ 4 และ 11 ต้องปรับค่าใหม่โดยตัดค่า 2 ค่านั้นออกดังนี้

$\bar{c} = (125 - 15 - 18) / 23 = 92 / 23 = 4$

$3\sqrt{\bar{c}} = 6 \qquad CL = 4 \qquad UCL = 4 + 6 = 10 \qquad LCL = 0$

นั่นคือ $c' = 4$ เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

(2) $P[\text{ผ้ามีตำหนิ}] = P[X > 7] = 1 - P[X \leq 7]$

$= 1 - 0.949 = 0.051$

เปอร์เซนต์ของผ้าที่มีตำหนิเท่ากับ 5.1

##########