บทที่ 4
แผนภูมิควบคุมเชิงคุณภาพ
(Attribute Control Charts)

เมื่อคุณสมบัติของสินค้าที่ตรวจสอบ จำแนกได้เป็นสินค้าที่มีคุณภาพดี หรือ เสีย มีข้อบกพร่อง หรือ รอยตำหนิ หรือไม่ มากน้อยเพียงใด ซึ่งการตรวจสอบคุณสมบัติเหล่านี้ เป็นการวัดที่เกิดจากการนับ จึงควรใช้แผนภูมิควบคุมเชิงคุณภาพ ซึ่งได้แก่ p chart, np chart, c chart, c_w chart, u chart และ u_w chart

1. แผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง (p chart)

1.1 การตัดสินใจเกี่ยวกับ p chart ซึ่งการตรวจสอบสินค้าทั้ง 100% แผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งที่จัดทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์ ดังนี้

- เพื่อหาสัดส่วนของผลิตภัณฑ์คัดทิ้งโดยเฉลี่ยของการตรวจสอบในช่วงเวลาหนึ่งๆ
- นำไปสู่การตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงพิกัดควบคุม เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการควบคุมกระบวนการผลิต
- ค้นหาการอยู่นอกการควบคุมของกระบวนการผลิต ซึ่งมีสาเหตุที่ทำให้สินค้ามีคุณภาพไม่ดี การดำเนินการหาสาเหตุต่างๆ ที่เกิดปัญหา แยกแยะสาเหตุแต่ละสาเหตุได้ถูกต้อง รวบรวมสาเหตุประเภทเดียวกันเอาไว้ด้วยกัน เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการนำไปแก้ไขปรับปรุง
- ค้นหาการอยู่นอกการควบคุม ที่อาจอยู่ต่ำกว่าขอบเขตมาตรฐาน ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้ถึงการผ่อนคลายขอบเขตมาตรฐาน หรือ สาเหตุที่ทำให้คุณภาพของสินค้าเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ เพื่อสามารถนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิต ที่จะได้ความสม่ำเสมอในคุณภาพของสินค้าที่ดี
- การปรับปรุงแก้ไขในปัญหาคุณภาพของสินค้า สามารถใช้แนวทางการปรับปรุงเช่นเดียวกับ $\bar{X}$ chart และ R chart

1.2 การทำแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง (p Chart)

กรณีที่ 1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง จะให้รายละเอียดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้การไม่ได้จากกระบวนการ เมื่อ p คือสัดส่วนของผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง จากการเก็บตัวอย่างที่ได้ใน

กระบวนการผลิต n ชิ้น ได้จำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง X ชิ้น ซึ่ง X เป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม ได้

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

$$p = X/n = \frac{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งจากตัวอย่าง}}{\text{ขนาดตัวอย่าง}}$$

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

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

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

หรือ $\bar{p} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k} p_i}{k}$

การเขียน p chart รวมทั้งการหาพิกัดควบคุม กระทำได้โดยการเก็บตัวอย่างมาอย่างน้อย 25 กลุ่มย่อย อาจจะมีขนาดตัวอย่างคงที่ จากกระบวนการผลิตในช่วงเวลาหนึ่งๆ อาจจะเป็น กะ หรือทั้งวัน หรือ อาจจะตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ระหว่างช่วงเวลาดังกล่าว จากนั้น คำนวณหาพิกัดควบคุม คือ $CL = \bar{p}$, $UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n}$, $LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n}$ เขียนแผนภูมิ p chart พร้อมทั้งเขียนจุด p ที่คำนวณได้จากแต่ละกลุ่มตัวอย่าง พิจารณาจากแผนภูมิว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ ถ้ามีจุดบางจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุม ต้องนำมาพิจารณาว่า เป็นสาเหตุที่สามารถระบุได้หรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่สามารถหาสาเหตุที่ระบุได้ ให้ทำการปรับค่า $\bar{p}$ ใหม่ โดยตัดจุดทุกจุดที่เป็นสาเหตุที่ระบุได้ออกไป พร้อมทั้งคำนวณค่า UCL และ LCL ใหม่ เขียนพิกัดควบคุมลงในแผนภูมิ p chart เดิม จากนั้นพิจารณาว่า มีจุดที่ตกนอกเส้นควบคุมหรือไม่ ถ้าไม่มีจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม จะได้ $\bar{p}$ ที่ปรับปรุงใหม่นี้เป็นค่าเฉลี่ยของสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตต่อไปคือ p'

ตัวอย่างที่ 4.1 บริษัทผลิตภัณฑ์พลาสติก ต้องการควบคุมการผลิตลูกบิดประตู ให้มีขนาดเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในทุกๆ ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างจากกระบวนการผลิตมา 100 ชิ้น ทดสอบโดยใช้เครื่องวัดอัตโนมัติ ได้จำนวนผลิตภัณฑ์ที่คัดทิ้ง ใน 30 กลุ่มย่อย ดังตาราง

กลุ่มที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
จำนวนที่คัดทิ้ง	3	5	4	10	14	2	7	8	11	9	16	3	7	10	2
สัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง	.03	.05	.04	.10	.14	.02	.07	.08	.11	.09	.16	.03	.07	10	.02

กลุ่มที่	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
จำนวนที่คัดทิ้ง	2	1	9	3	11	15	10	6	5	6	4	9	3	11	4
สัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง	.02	.01	.09	.03	.11	.15	.10	.06	.05	.06	.04	.09	.03	.11	.04

1. จงคำนวณหาพิกัดควบคุมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง
2. จงเขียนแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง พร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่
3. ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม จงใช้การทดสอบแบบรัน ตรวจสอบว่า ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากกระบวนการแบบสุ่มหรือไม่

4. ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม ทุกจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม ถือว่าหาสาเหตุที่ระบุได้ จงประมาณค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งโดยเฉลี่ย ที่ใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไป

คำตอบ

1.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{30} X_i}{nN} = \frac{210}{100(30)} = 0.07$$

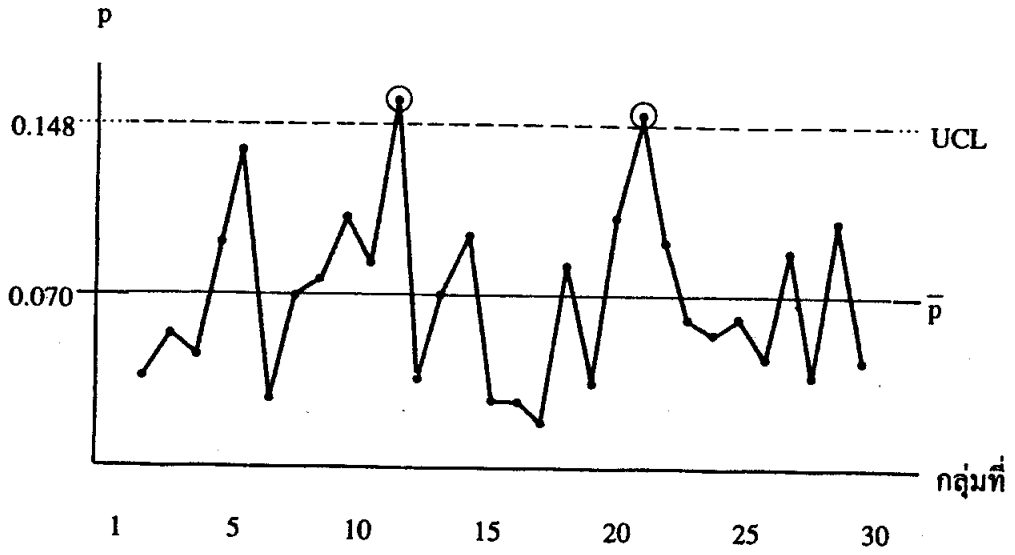
$$\sigma_p = \sqrt{[\bar{p}(1 - \bar{p})]/n} = \sqrt{(0.07)(0.93)/100} = 0.026$$

$\therefore$ CL $= \bar{p} = 0.07$

UCL $= \bar{p} + 3\sigma_p = 0.07 + 3(0.026) = 0.07 + 0.078 = 0.148$

LCL $= \bar{p} - 3\sigma_p = 0.07 - 3(0.026) = 0.07 - 0.078 = 0$

2.



จากแผนภูมิ p-chart จะเห็นว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะมีจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม คือ กลุ่มที่ 11 และ 21

3. H_0 : ตัวอย่างมาจากกระบวนการแบบสุ่ม

vs H_1 : ตัวอย่างไม่ได้เก็บมาจากกระบวนการแบบสุ่ม

U D U_2 D U_3 D U D U_2 D / D U D U_2 D_3 U D U D U D

จำนวนรัน (u) = 20 r = 13 s = 15

จากตาราง B_2 ที่ระดับ $\alpha = 0.05$ ได้ค่าวิกฤติ (k) = 10

$\therefore$ U > k $\therefore$ ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

นั่นคือ กระบวนการเป็นแบบสุ่ม

4. ปรับค่า $\bar{p}$ ใหม่ โดยตัดจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม คือกลุ่ม 11 และ 21 ทิ้ง ได้

$$\bar{p} = \frac{210 - 16 - 15}{100(28)} = 179/2800 = 0.064$$

$$\sigma_p = \sqrt{(0.064)(0.936)/100} = 0.024$$

$$CL = \bar{p} = 0.064$$

$$UCL = 0.064 + 3(0.024) = 0.064 + 0.072 = 0.136$$

$$LCL = 0.064 - 3(0.024) = 0$$

นำค่า p จากแต่ละกลุ่มย่อย เปรียบเทียบกับพิกัดควบคุม ปรากฏว่า กลุ่มที่ 5 ค่าตกนอกพิกัดควบคุม แต่เมื่อไปหาสาเหตุเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถระบุได้

$\therefore$ $\bar{p} = 0.064$ เป็นค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งโดยเฉลี่ย ที่สามารถใช้ควบคุมกระบวนการผลิตต่อไปได้

กรณีที่ 2 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน โดยทำ p-chart เมื่อพิกัดควบคุมเป็นค่ามาตรฐาน (stabilizes p chart)

เป็นการกำหนดเส้นพิกัดควบคุมด้วยค่ามาตรฐาน (standard score) โดยจะแปลงค่า p ให้เป็นค่า Z ซึ่ง $Z = (p - p')/\sigma_p$ นำค่า Z จากแต่ละกลุ่มตัวอย่างต่างๆ ไปเขียนลงบนแผนภูมิ p chart ที่มีเส้นควบคุมบน (UCL) = 3 และเส้นควบคุมล่าง (LCL) = -3 เส้นแกนกลาง = 0 แผนภูมิควบคุมโดยวิธีนี้ เรียกว่า stabilizes p chart

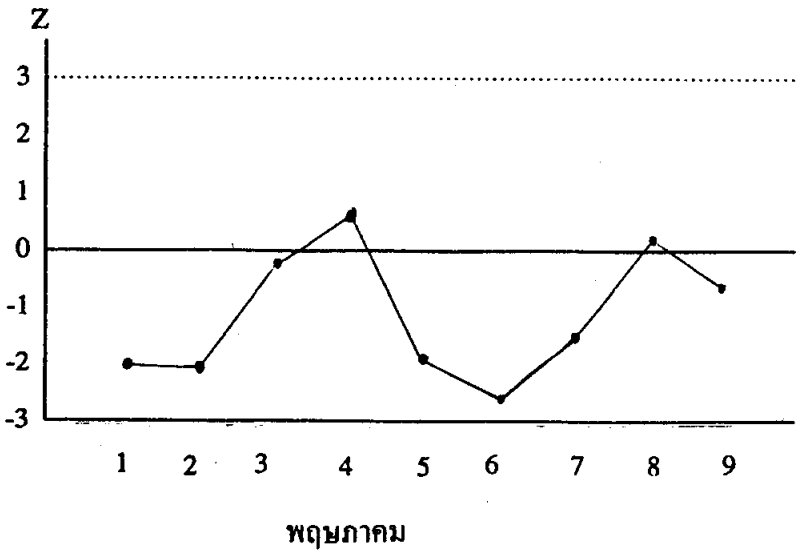
ตัวอย่างที่ 4.2 โรงงานผลิตตู้เย็นทำการสำรวจเกี่ยวกับการพ่นสีของตู้เย็น และเมื่อพบตู้เย็นตู้ใดที่งานพ่นสีไม่เรียบร้อย ก็จะนำตู้เย็นนั้นๆ ไปพ่นสีตกแต่งใหม่ จำนวนตู้เย็นที่ทำการสำรวจและ

จำนวนตู้เย็นที่ต้องนำไปตกแต่งสีใหม่ ดังตารางต่อไปนี้

วันที่	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนตู้เย็นที่ต้องตกแต่งใหม่	สัดส่วนที่ตู้เย็นต้องตกแต่งใหม่ (p)	$\sigma_p = \sqrt{p'q'/n}$	ค่ามาตรฐาน $Z = (p - p')/\sigma_p$
พ.ค. 1	90	0	0	0.021	-2.0
2	105	0	0	0.020	-2.1
3	105	4	0.038	0.020	-0.2
4	155	8	0.052	0.016	0.6
5	155	2	0.013	0.016	-1.8
6	155	0	0	0.016	-2.6
7	210	4	0.02	0.014	-1.6
8	155	7	0.045	0.016	0.2
9	155	5	0.032	0.016	-0.6

เมื่อ $p' = 0.042$ คือ สัดส่วนของตู้เย็นที่ต้องนำไปตกแต่งใหม่ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป

คำตอบ



ทุกจุดอยู่ภายใต้เส้นควบคุม นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

กรณีที่ 3 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน โดยการสร้าง p chart

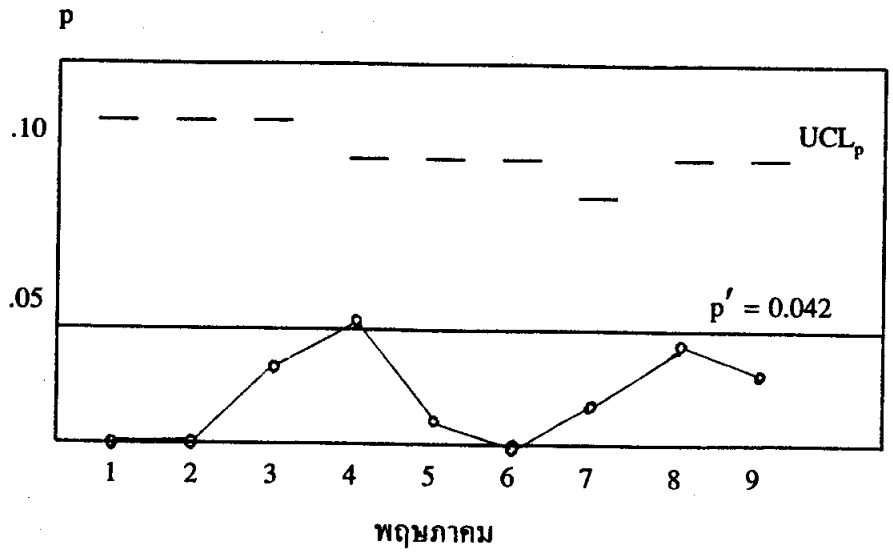
เมื่อ $\bar{p} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k} X_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i} =$ ผลรวมของผลิตภัณฑ์คัดทิ้งทั้ง k กลุ่ม / ผลรวมของขนาดตัวอย่างจาก k กลุ่ม

$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{(\bar{p}\bar{q}/n)}$ $\qquad LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n}$

$CL = \bar{p}$ $\qquad$ และ $\qquad p = X/n$ = จำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง/ขนาดตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 4.3 จากโจทย์ตัวอย่างที่ 4.2 ได้รายละเอียดดังต่อไปนี้

วันที่	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนคัดทิ้ง	สัดส่วนที่คัดทิ้ง (p)	$UCL = 0.042 + 3\sqrt{(0.042)(0.958)/n}$
พ.ค. 1	90	0	0	0.015
2	105	0	0	0.101
3	105	4	0.038	0.101
4	155	8	0.052	0.090
5	155	2	0.013	0.090
6	155	0	0	0.090
7	210	4	0.020	0.084
8	155	7	0.045	0.090
9	155	5	0.032	0.090



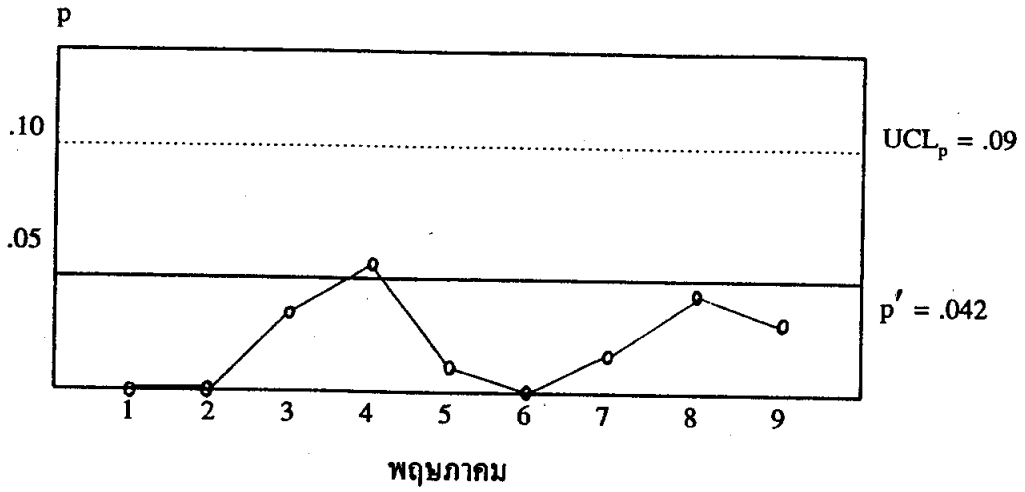
ดังนั้น กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

กรณีที่ 4 การสร้าง p chart จากขนาดตัวอย่างถัวเฉลี่ย การคำนวณโดยวิธีนี้จะได้เส้นควบคุมที่ใช้ร่วมกันสำหรับทุกตัวอย่างได้ แต่ในกรณีที่ตัวอย่างใดมีจุดตกนอกพิกัดควบคุมของโรงงาน เห็นควรที่จะคำนวณหาเส้นควบคุมบนและล่างของตัวอย่างนั้นโดยเฉพาะ ก่อนที่จะตัดสินใจว่า จุดนั้นตกนอกพิกัดควบคุมหรือไม่ วิธีนี้ง่ายต่อการคำนวณ จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก

ตัวอย่างที่ 4.4 จากโจทย์ตัวอย่างที่ 4.2 จงคำนวณหา ขนาดตัวอย่างถัวเฉลี่ยได้จาก

$1285/9 = 143 \qquad \sigma_p = \sqrt{p'q'/n} = \sqrt{(.042)(.958)/143} = 0.017$

$UCL = 0.042 + 3(0.017) = 0.093 \qquad LCL = 0 \qquad CL = 0.042$



2. แผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง (np chart)

เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง การสร้างแผนภูมิควบคุม np chart จึงเหมาะสม, สะดวก และง่าย เมื่อ $p = X/n$ และ X คือจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง ดังนั้น $X = np$

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

กรณีที่ทราบค่า p' $\quad CL = np'$

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

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

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

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

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

เมื่อ $\bar{p} = \Sigma X/nN$

$$= \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง}}{\text{ผลรวมของตัวอย่างทั้งหมด}}$$

ตัวอย่างที่ 4.5 จากโจทย์ในตัวอย่างที่ 4.1 จงคำนวณ

1. พิกัดควบคุมของจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง
2. จงเขียนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้ง พร้อมทั้งพิจารณาว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่
3. ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม ถือว่าทุกจุดที่ตกนอกเส้นควบคุม เป็นสาเหตุที่ระบุได้ จงปรับปรุงพิกัดควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์คัดทิ้งที่ใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไป

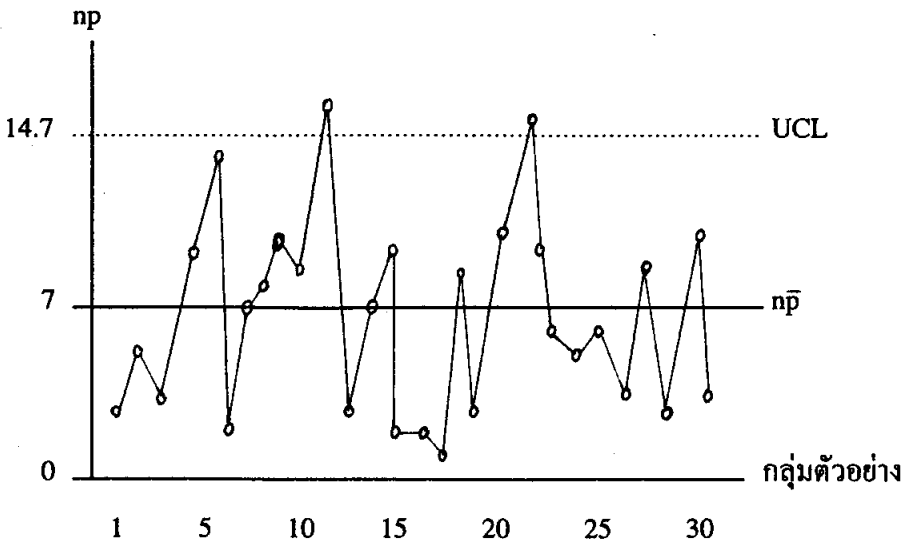
คำตอบ 1. ได้ $n = 100 \quad \bar{p} = 210/3000 = 0.07$

$CL = n\bar{p} = (100)(0.07) = 7$

$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} = 7 + 3\sqrt{(7)(.93)} = 7 + 7.65 = 14.65$

$LCL = 7 - 7.65 = 0$

2.



สรุปกระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะกลุ่มตัวอย่างที่ 11 และ 21 เป็นจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุม

3. $\bar{p} = (210 - 15 - 16)/(100)(28) = 0.064$

$CL = n\bar{p} = 100(0.064) = 6.4$

$UCL = 6.4 + 3\sqrt{(6.4)(0.936)} = 6.4 + 3(2.44) = 6.4 + 7.32 = 13.72$

$LCL = 6.4 - 3(2.44) = 0$

จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 5 ตกนอก Control limits เมื่อไปหาสาเหตุ ปรากฏว่าเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถหาสาเหตุที่ระบุได้ ดังนั้นจะได้ $p' = 0.064$ เป็นสัดส่วนของผลิตภัณฑ์คัดทิ้งโดยเฉลี่ยที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป

3. แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องหรือจำนวนตำหนิ เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่ (c chart)

เมื่อผลิตภัณฑ์หน่วยใดๆ มีจำนวนตำหนิหนึ่งจุด หรือมากกว่านั้น ควรนำแผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ (c chart) เมื่อ c แทนจำนวนตำหนิของผลิตภัณฑ์ จำนวนตำหนิของผลิตภัณฑ์ในแต่ละตัวอย่าง มีการแจกแจงแบบปัวซอง คือ

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

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

เมื่อ c คือจำนวนตำหนิที่มีอยู่ในแต่ละตัวอย่าง

c' คือจำนวนตำหนิโดยเฉลี่ยในแต่ละตัวอย่าง

การหาพิกัดควบคุม

1. กรณีทราบค่า c'

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

$$CL = c'$$

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

2. กรณีไม่ทราบค่า c' ให้ประมาณจากค่าเฉลี่ย c

$$\text{โดย} \quad \bar{c} = \Sigma c/N = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนตำหนิ}}{\text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}}$$

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

$$CL = \bar{c}$$

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

ตัวอย่างที่ 4.6 ในการตรวจสอบครั้งสุดท้ายของเครื่องคำนวณ ได้ถูกทดสอบและตรวจสอบสำหรับรอยขีดข่วน, รอยบุบ, รอยเชื่อม และ รอยตำหนิอื่นๆ ได้เก็บรวบรวมจำนวนตำหนิจากเครื่องคำนวณ 30 เครื่อง ได้ผลดังนี้

เครื่องที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
จำนวนตำหนิ	5	1	0	7	3	6	0	4	2	1	5	8	6	4	1

เครื่องที่	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
จำนวนตำหนิ	10	2	1	5	4	7	0	6	1	1	5	3	0	5	2

1. จงเขียนแผนภูมิการควบคุม และสรุปผลที่ได้

2. ถ้ามีจุดตกนอก Control limits ถือว่าทุกจุดอยู่นอกเส้นควบคุมเป็นสาเหตุที่ระบุได้ จงหาพิกัดควบคุมที่จะใช้ในการผลิตต่อไป

คำตอบ

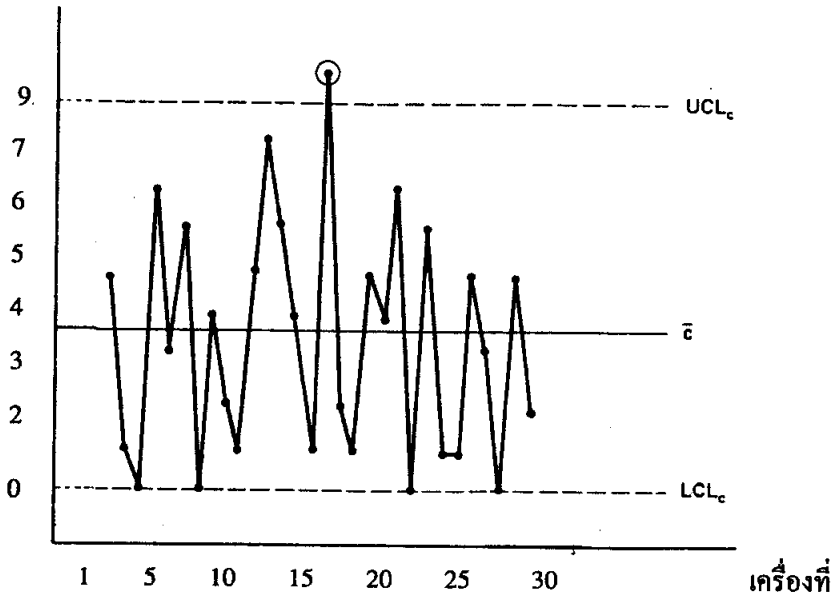
$$\bar{c} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนตำหนิ}}{\text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}} = 105/30 = 3.5$$

$$\sigma_c = \sqrt{\bar{c}} = \sqrt{3.5} = 1.87$$

UCL = 3.5 + 3(1.87) = 9.11 CL = 3.5

LCL = 3.5 - 3(1.87) = -2.11 ให้เท่ากับ 0

นำจำนวนตำหนิ (c) เขียนจุดลงบนแผนภูมิ c chart



จากแผนภูมิ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะเครื่องที่ 16 ตกนอกเส้นควบคุมบน

ในการตรวจสอบเกี่ยวกับ ความน่าจะเป็นจากพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมนี้ สามารถทำได้โดยประมาณค่าจากตารางปัวซอง เมื่อจำนวนตำหนิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 9 และมีจำนวนตำหนิโดยเฉลี่ย 3.5 จะมีความน่าจะเป็น 0.996 และความน่าจะเป็นที่จำนวนตำหนิมากกว่าหรือเท่ากับ 10 มีค่าเท่ากับ 0.004 หรือน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์

จากการตรวจหาสาเหตุของเครื่องที่ 16 ปรากฏว่า พนักงานประจำเครื่องขาดความระมัดระวังในการผลิต จึงตัดค่าจำนวนตำหนิของเครื่องที่ 16 โดยปรับค่าได้ดังนี้

$\bar{c} = (105 - 10)/29 = 95/29 = 3.28$

$\sigma_c = 1.81$ CL = 3.28

UCL = 3.28 + 3(1.81) = 8.71

LCL = 0

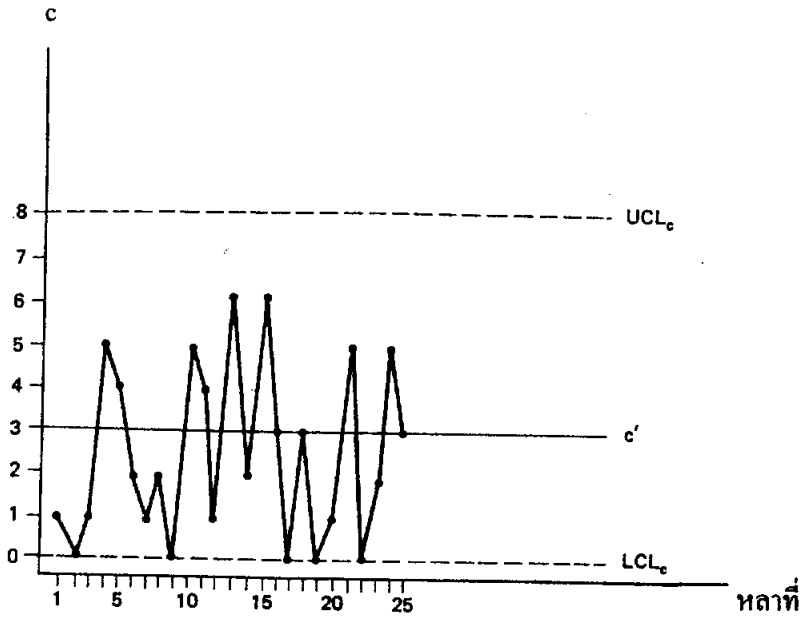
ระดับการควบคุมนี้ จะใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตต่อไป ดังนั้น $\bar{c} = 3.28 = c'$ เป็นจำนวนตำหนิโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไปและเป็นค่ามาตรฐาน

ตัวอย่างที่ 4.7 กระบวนการทอผ้า ได้ค่ามาตรฐานของจำนวนตำหนิต่อผ้า 1 หลา คือ $c' = 3$ จากการเก็บรวบรวมจำนวนตำหนิ ของผ้า 25 หลา ปรากฏดังนี้

หลาที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
จำนวนตำหนิ	1	0	1	5	4	2	1	2	0	5	4	1	6	2	6	3	0	3	7	1	5	0	2	5	3

จงเขียนแผนภูมิควบคุม พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้

CL = 3 , UCL = $3 + 3\sqrt{3} = 3 + 3(1.73) = 8.2$, LCL = 0



กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

4. แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ เป็นมูลค่าของความเสียหาย เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่

จากแผนภูมิ c chart เป็นการศึกษาถึงจำนวนตำหนิของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งรอยตำหนิแต่ละชนิด จะมีมูลค่าของความเสียหายของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ดังนั้น แต่ละโรงงานอาจจะสนใจเฉพาะจำนวนตำหนิ (ก็ให้ใช้ c chart) หรืออาจจะสนใจ จำนวนตำหนิที่ตีเป็นมูลค่าความเสียหายของแต่ละชนิดออกมา โดยกำหนดน้ำหนักของรอยตำหนิแต่ละประเภท ตามมูลค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น จำนวนตำหนิทั้งหมดในหนึ่งตัวอย่าง มี c = 8 และความเสียหายของตัวอย่างนั้น ตีค่าออกมาได้ดังนี้

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

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

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

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

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

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

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

$\bar{C}_w$ = ค่าของความเสียหายของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยต่อหนึ่งตัวอย่าง

ประโยชน์ของการใช้ C_w chart

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

ตัวอย่างที่ 4.8 โรงงานได้สุ่มผลิตภัณฑ์มา 30 ตัวอย่าง พบผลิตภัณฑ์มีจำนวนตำหนิ 145 แห่ง แต่ละชนิดของรอยตำหนิ ปรากฏในตารางดังนี้

ชนิดของรอยตำหนิ (i)	w_i	จำนวนตำหนิในแต่ละชนิดจากตัวอย่างทั้งหมด (c_i)
1	0.65	5
2	0.25	20
3	0.09	70
4	0.01	50
รวม	1.00	145

1. จงหาพิกัดควบคุมของ C_w chart ที่จะใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไป ซึ่งโรงงานถือว่าพิกัดควบคุมดังกล่าวเป็นค่ามาตรฐาน
2. โรงงานได้สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาอีก 20 ตัวอย่าง จากกระบวนการผลิต จงเขียนแผนภูมิ C_w chart พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้จากตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	จำนวนตำหนิทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง (c)	จำนวนตำหนิจำแนกตามชนิดรอยตำหนิ				มูลค่าความเสียหายในแต่ละตัวอย่าง (c_w)
		1 (w_1=0.65)	2 (w_2=0.25)	3 (w_3=0.09)	4 (w_4=0.01)	
1	4	0	1	1	2	
2	6	0	0	4	2	
3	8	1	1	2	4	
4	6	0	0	5	1	
5	4	1	0	3	0	
6	2	1	1	0	0	
7	8	0	0	3	5	
8	3	0	1	1	1	
9	4	0	0	1	3	
10	6	0	1	6	0	
11	6	2	2	0	2	
12	5	1	0	0	4	
13	3	0	0	0	3	
14	5	1	1	1	2	
15	4	1	0	3	0	
16	9	0	0	5	4	
17	6	0	0	6	0	
18	10	1	0	5	4	
19	2	1	0	0	1	
20	4	0	1	3	0	

คำตอบ

1.

i	w_i	c_i	$\bar{c}_i = c_i/30$	$w_i\bar{c}_i$	$w_i^2\bar{c}_i$
1	0.65	5	0.1667	0.1084	.0704
2	0.25	20	0.6667	0.1667	.0417
3	0.09	70	2.3333	0.2100	.0189
4	0.01	50	1.6667	0.0167	.0002
		$\sum_{i=1}^{30} c_i = 145$	$\bar{c} = 4.8333$	$\bar{c}_w = 0.5018$	$\sum w_i^2\bar{c}_i$

พิกัดควบคุมได้

$$\sigma_C = \sqrt{0.1312} = 0.3622$$

$$CL = \bar{C}_w = 0.5018$$

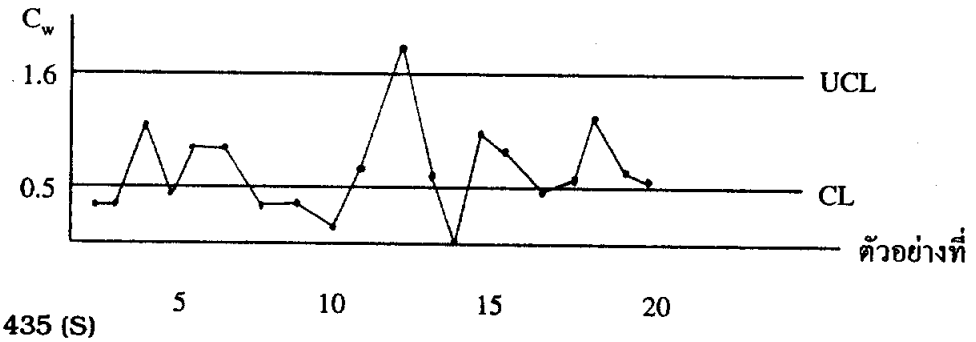
$$UCL = \bar{C}_w + 3\sigma_{C_w} = 0.5018 + 3(0.3622) = 1.5884 = 1.6$$

$$LCL = \bar{C}_w - 3\sigma_{C_w} = 0$$

2.

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C_w	0.36	0.38	1.12	0.46	0.92	0.90	0.32	0.35	0.12	0.79	1.82	0.69	0.03	1.01	0.92	0.49

ตัวอย่างที่	17	18	19	20
C_w	0.54	1.14	0.66	0.52



เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่ 11 จะได้ว่า จุดตกนอก UCL ∴ มูลค่าความเสียหายจากรอยตำหนิแต่ละชนิดของตัวอย่างที่ 11 ต้องหาทางแก้ไขปรับปรุง สำหรับตัวอย่างอื่นๆ จุดตกอยู่ภายใต้พิกัดควบคุม

5. แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องหรือจำนวนตำหนิ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่ (U chart)

ในการควบคุมจำนวนข้อบกพร่อง ถ้าแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีค่าไม่คงที่ สามารถควบคุมได้ 3 แบบ คือ

1. ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ให้ใช้ C chart การหาพิกัดควบคุมสามารถทำได้โดยใช้ ค่าเฉลี่ยของขนาดตัวอย่าง
2. ขนาดตัวอย่าง แตกต่างกันบ้าง แต่ไม่มากนัก ให้ใช้ U chart แต่การคำนวณเส้นควบคุมบนและเส้นแกนกลาง ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของขนาดตัวอย่าง คือ

$$n = \frac{\text{ผลรวมของขนาดตัวอย่างทั้งหมด}}{\text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}} = N/k$$

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

โดยที่ $\bar{U} = \dfrac{\text{ผลรวมของจำนวนข้อบกพร่องทั้งหมด}}{\text{ผลรวมของขนาดตัวอย่างทั้งหมด}} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k} c_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$

3. ขนาดตัวอย่างแตกต่างกันมาก ให้ใช้ U chart โดยต้องกำหนดให้ชัดเจนว่า 1 หน่วยตรวจสอบ (inspection unit) จะหมายถึงอะไร เช่น หนึ่งหน่วยตรวจสอบ อาจจะเป็นวิทยุ 5 เครื่อง หรืออาจเป็นความยาว พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก และ 1 หน่วยตรวจสอบจะต้องมีขนาดคงที่ตลอดการตรวจสอบเสมอ U chart จะมีเส้นแกนกลางร่วมกันทุกตัวอย่าง แต่เส้นพิกัดควบคุมของแต่ละตัวอย่างจะต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง

$$U = c/k$$

เมื่อ U = จำนวนข้อบกพร่อง หรือตำหนิต่อหนึ่งหน่วยตรวจสอบ

c = จำนวตำหนิ หรือ ข้อบกพร่อง

k = จำนวนหน่วยตรวจสอบ

$$\bar{U} = \frac{\Sigma c}{\Sigma k}$$

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

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

ตัวอย่างที่ 4.9 ในการตรวจสอบผ้าน้ำมัน ได้สุ่มตัวอย่างมาจากแต่ละลอต นับจำนวนข้อบกพร่อง ได้ข้อมูลดังนี้

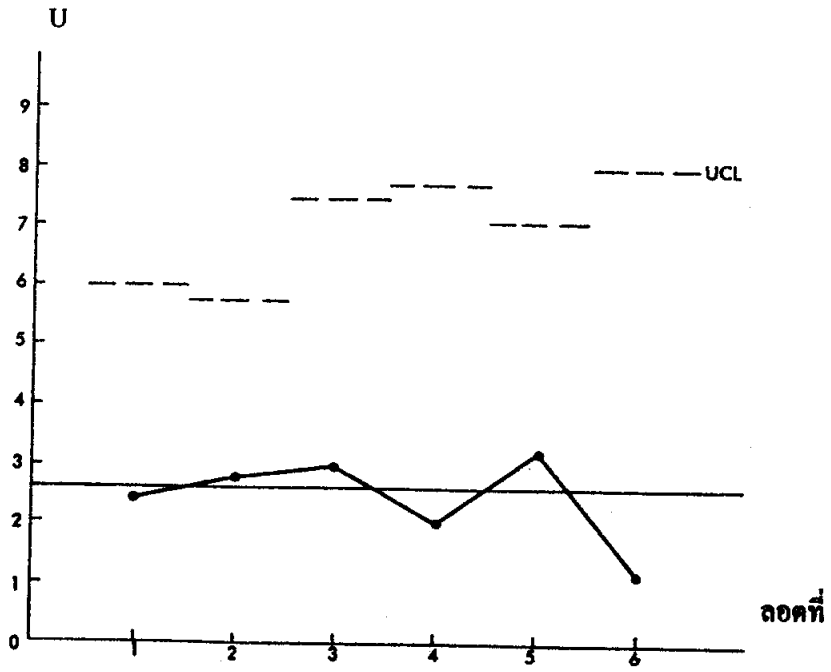
ลอตที่	จำนวนตรวจสอบ (ตารางหลา)	จำนวนข้อบกพร่อง
1	200	5
2	250	7
3	100	3
4	90	2
5	120	4
6	80	1
รวม	840	22

จงเขียนแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตผ้าน้ำมัน พร้อมทั้งสรุปผล

คำตอบ กำหนด 1 หน่วยตรวจสอบ = 100 ตารางหลา

ลอตที่	k	c	U = c/k	UL = $2.62 + 3\sqrt{2.62/k}$
1	2.0	5	2.5	6.05
2	2.5	7	2.8	5.69
3	1.0	3	3.0	7.48
4	0.9	2	2.2	7.74
5	1.2	4	3.3	7.05
6	0.8	1	1.3	8.05
	8.4			

$$\bar{U} = \frac{\Sigma c}{\Sigma k} = 22/8.4 = 2.62$$



นั่นคือกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

6. แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องที่ตีเป็นมูลค่าความเสียหาย เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่ (U_w chart)

ลักษณะของแผนภูมิ U_w chart จะคล้ายกับ C_w chart แต่ต้องกำหนด 1 หน่วยตรวจสอบ เนื่องจากขนาดตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบไม่เท่ากัน

$\bar{U}_i$ = จำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยตรวจสอบ ที่เป็นข้อบกพร่องในแต่ละประเภท จากตัวอย่างทั้งหมด

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

เมื่อ i คือประเภทข้อบกพร่อง

j คือตัวอย่างที่ ; j = 1(1)m

r คือจำนวนประเภทของข้อบกพร่อง

k_j คือหน่วยตรวจสอบในตัวอย่างที่ j

w_i คือน้ำหนักที่ถ่วงในประเภทข้อบกพร่องที่ i

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

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

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

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

$$UCL = \bar{U}_w + 3\sigma_{U_{\bar{w}}}$$

$$LCL = \bar{U}_w - 3\sigma_{U_{\bar{w}}}$$

ตัวอย่างที่ 4.10 โรงงานผลิตโทรทัศน์ ต้องการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยใช้ U_w chart และโรงงานแบ่งประเภทข้อบกพร่องเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 เป็นข้อบกพร่องขั้นร้ายแรง ($w_1 = 0.6$) ประเภทที่ 2 ข้อบกพร่องปานกลาง ($w_2 = 0.3$) ประเภทที่ 3 ข้อบกพร่องขั้นไม่ร้ายแรง ($w_3 = 0.1$) โรงงานได้สุ่มตัวอย่างมา 20 ตัวอย่าง ได้ข้อมูลดังนี้

ตัวอย่างที่	จำนวนโทรทัศน์	ประเภทข้อบกพร่อง			ตัวอย่างที่	จำนวนโทรทัศน์	ประเภทข้อบกพร่อง		
		1	2	3			1	2	3
1	25	3	0	1	11	14	2	3	0
2	30	1	0	0	12	20	0	1	0
3	15	0	1	3	13	15	3	2	3
4	20	0	0	2	14	20	0	1	4
5	10	2	1	4	15	30	3	1	0
6	12	0	1	0	16	25	2	3	5
7	22	2	0	1	17	15	2	1	0
8	32	1	2	2	18	10	3	3	2
9	24	2	1	2	19	20	5	3	0
10	15	0	2	3	11	40	3	5	2

จงเขียนแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตโทรทัศน์ พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้

คำตอบ $\sum_{j=1}^{20} c_{1j} = 34,$ $\sum_{j=1}^{20} c_{2j} = 31,$ $\sum_{j=1}^{20} c_{3j} = 34,$ $\sum_{j=1}^{20} k_j = 50.4$

$$\bar{U}_i = \frac{\sum_{j=1}^{20} c_{ij}}{\sum_{j=1}^{20} k_j} = 34/50.4 = 0.67$$

เมื่อ 1 หน่วยตรวจสอบ = โทรทัศน์ 10 เครื่อง

$i = 1(1)3$

$j = 1(1)20$

$$\bar{U}_2 = \frac{\sum_{j=1}^{20} c_{2j}}{\sum_{j=1}^{20} k_j} = 31/50.4 = 0.62$$

$$\bar{U}_3 = \frac{\sum_{j=1}^{20} c_{3j}}{\sum_{j=1}^{20} k_j} = 34/50.4 = 0.67$$

ตัวอย่างที่	k	w_1	w_2	w_3	u_1w_1	u_2w_2	u_3w_3	$u_w = u_1w_1 + u_2w_2 + u_3w_3$
		0.6	0.3	0.1				
1	2.5	3	0	1	(3/2.5)(0.6)	0	(1/2.5)(0.1)	0.76
2	3.0	1	0	0	0.2	0	0	0.20
3	1.5	0	1	0	0	0.2	0	0.20
4	2.0	0	0	2	0	0	0.1	0.10
5	1.0	2	1	4	1.2	0.3	0.1	1.60
6	1.2	0	1	3	0	0.25	0.25	0.50
7	2.2	2	0	1	0.55	0	0.05	0.59
8	3.2	1	2	2	0.19	0.19	0.06	0.44
9	2.4	2	1	2	0.5	0.13	0.08	0.71
10	1.5	0	2	3	0	0.4	0.2	0.60
11	1.4	2	3	0	0.86	0.64	0	1.50

ตัวอย่างที่	k	w_1	w_2	w_3	u_1w_1	u_2w_2	u_3w_3	$u_w = u_1w_1 + u_2w_2 + u_3w_3$
		0.6	0.3	0.1				
12	2.0	0	1	0	0	0.15	0	0.15
13	1.5	3	2	3	1.2	0.4	0.2	1.80
14	2.0	0	1	4	0	0.15	0.2	0.35
15	3.0	3	1	0	0.6	0.1	0	0.70
16	2.5	2	3	5	0.48	0.36	0.2	1.04
17	1.5	2	1	0	0.8	0.2	0	1.00
18	1.0	3	3	2	1.8	0.9	0.2	2.90
19	2.0	5	3	0	1.5	0.45	0	1.95
20	4.0	3	5	2	0.45	0.38	0.05	0.88

$$\bar{U}_w = \sum_{i=1}^{3} w_i u_i = (0.6)(0.67) + (0.3)(0.62) + (0.1)(0.67)$$

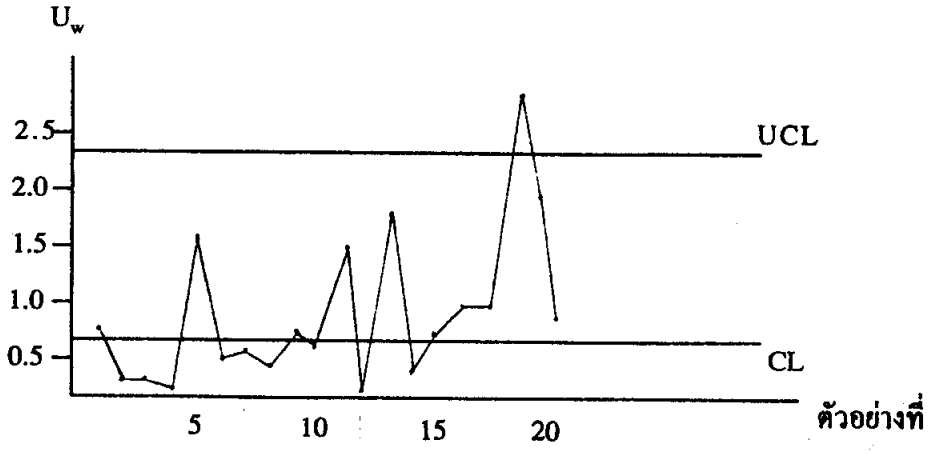
$$\bar{U}_w = 0.655$$

$\bar{U}_w = 0.655$ หมายถึง โดยเฉลี่ยแล้วมูลค่าความเสียหายต่อหนึ่งหน่วยตรวจสอบ = 0.655

$$\sigma_{U_w} = \sqrt{(0.6)^2(0.67) + (0.3)^2(0.62) + (0.1)^2(0.67)}$$

$$\sigma_{U_w} = \sqrt{0.3037} = 0.55$$

UCL = 0.655 + 3(0.55) = 2.305 , LCL = 0 , CL = 0.655



จากแผนภูมิ U_w chart กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม เพราะตัวอย่างที่ 18 ตกนอกเส้นควบคุมบน

หมายเหตุ ประโยชน์จากการทำ U_w chart จะเหมือนกับการทำ C_w chart

แบบฝึกหัด

1. ในการตรวจสอบจากหน่วยย่อยของแผนกประกอบวิทยุ จากช่วงเวลาที่กำหนดให้ 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		

2. โรงงานผลิตสายไฟ ความยาว 10,000 ฟุต นับจำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงักในกระบวนการผลิตแต่ละครั้งเพื่อให้ได้ความยาวตามที่ต้องการ ได้ข้อมูลดังนี้

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก	ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก	ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก
1	1	8	6	15	16
2	1	9	1	16	20
3	3	10	1	17	1
4	7	11	10	18	6
5	8	12	5	19	12
6	1	13	0	20	4
7	2	14	19	21	5

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก	ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก	ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ต้องหยุดชะงัก
22	1	25	9	28	14
23	8	26	2	29	6
24	7	27	3	30	8

จากข้อมูลเหล่านี้ มาจากกระบวนการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

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	14	12	19	19	13	26	25
6	21	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 เมื่อทุกจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุมถือว่าเป็น assignable cause

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

กลุ่มที่	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนผลิตภัณฑ์ตัดทิ้ง
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

5. โรงงานผลิตวิทยุต้องการจะศึกษาเกี่ยวกับงานบัดกรี จึงได้สุ่มงานบัดกรีที่ใช้ไม่ได้จากวิทยุที่ผลิตในแต่ละกะ เป็นเวลา 7 วัน ได้ข้อมูลดังนี้

วันที่	กะ	จำนวนทดสอบ	จำนวนแห่งที่งานบัดกรีใช้ไม่ได้
1 ก.ค.	เช้า	4,630	378
	บ่าย	5,120	395
	กลางคืน	4,930	390
2 ก.ค.	เช้า	5,240	402
	บ่าย	4,530	304
	กลางคืน	5,140	387
3 ก.ค.	เช้า	4,650	372
	บ่าย	3,970	368
	กลางคืน	5,240	385
4 ก.ค.	เช้า	4,820	370
	บ่าย	5,140	385
	กลางคืน	4,720	294
5 ก.ค.	เช้า	5,230	345
	บ่าย	4,980	302
	กลางคืน	4,870	340
6 ก.ค.	เช้า	3,970	278
	บ่าย	4,630	312
	กลางคืน	3,140	284
7 ก.ค.	เช้า	3,210	280
	บ่าย	4,160	302
	กลางคืน	3,870	305

จงเขียนแผนภูมิควบคุมในการผลิตวิทยุ และวิจารณ์ผลที่ได้

6. เก็บข้อมูลมา 10 กลุ่ม มีจำนวนข้อบกพร่องของแต่ละกลุ่มตามตารางที่กำหนดให้ โดยมี $U' = 3.6$ จงพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

กลุ่มที่	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนข้อบกพร่อง
1	22	66
2	25	112
3	20	86
4	18	18
5	20	84
6	20	66
7	25	125
8	25	75
9	22	107
10	25	120

7. 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
4	20	0	1	1	0	3	3 3 เครื่อง
5	25	1	1	1	2	4	ที่ใบพัดซัก
6	30	2	0	1	0	3	แตก ทำให้
7	20	1	1	0	0	7	ผ้าถูกเครื่อง
8	20	1	0	1	2	4	ซักขาด

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

8. โรงงานผลิตถ่านไฟฉาย ได้เก็บตัวอย่างถ่านไฟฉาย วันละ 200 ก้อนเป็นเวลา 12 วัน ได้ข้อมูลดังนี้

วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
จำนวนถ่านไฟฉาย	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

9. จากการตรวจสอบคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ ชนิดหนึ่ง ในแต่ละลอต พบผลิตภัณฑ์ที่ต้องคัดทิ้งดังตาราง

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

10. 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

11. 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