บทที่ 3
แผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ (Variables control charts)

เมื่อคุณลักษณะของคุณภาพของกระบวนการ เป็นค่าสังเกตที่วัดได้จากผลผลิตในกระบวนการผลิต อาจจะวัดเกี่ยวกับความยาว น้ำหนัก ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเหนียว ความแข็งแรงทนทาน ซึ่งวัดเป็นค่าที่ต่อเนื่อง จากข้อมูลเชิงปริมาณ เราจะควบคุมเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย หรือความผันแปรของกระบวนการหรือทั้งสองประเภท ซึ่งเราจะควบคุมค่าเฉลี่ยของกระบวนการโดยใช้ $\bar{X}$ chart จะเป็นการหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อย ขณะที่การควบคุมความผันแปรของกระบวนการ จะเป็นการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อย หรือเป็นการหาค่าพิสัย (R) ของตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อย ซึ่งทั้งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยสามารถที่จะไปประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ (σ') ได้

แผนภูมิสองประเภท คือ $\bar{X}$ chart และ R chart หรือ $\bar{X}$ chart และ σ chart ปกติจะใช้แผนภูมิ คู่ใดคู่หนึ่ง ในการควบคุมคุณภาพทางด้านปริมาณ ด้วยเหตุผลหลายประการคือ

1. เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการเปลี่ยนแปลงขณะที่ ค่าความผันแปรของกระบวนการยังคงที่ ตัวอย่างเช่น กระบวนการผลิตที่ใช้เครื่องจักรแบบอัตโนมัติ เมื่อทำการผลิตไปสักระยะหนึ่ง จะมีแนวโน้มที่ ค่าจะเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเริ่มต้นเดิมที่ตั้งไว้ ซึ่งจะมีผลต่อแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย แต่จะไม่มีผลต่อแผนภูมิควบคุมพิสัย หรือ แผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เมื่อความผันแปรของกระบวนการเปลี่ยนแปลง ขณะที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการคงที่ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักร ก็จะเกิดเหตุการณ์ลักษณะนี้คือมีผลต่อแผนภูมิควบคุมพิสัย หรือ แผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่ไม่มีผลต่อแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

3. เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งค่าเฉลี่ยของกระบวนการ และความผันแปรของกระบวนการ

ในทางปฏิบัติ แผนภูมิควบคุมนิยมใช้ R chart มากกว่า σ chart เพราะค่าพิสัยสามารถคำนวณได้ง่ายกว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคนส่วนใหญ่ไม่ได้รับการฝึกในการคิดคำนวณทางสถิติเกี่ยวกับการคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลความหมายของค่าที่ได้ แต่ไม่เป็นการยากที่จะเข้าใจการหาค่าพิสัย

สำหรับขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อยมีขนาดเล็ก ($n \leq 12$) ทั้งค่า $\bar{R}$ และ $\bar{\sigma}$ เป็นตัวประมาณค่าที่ดีของ σ' (เมื่อ $\bar{R}$ คือค่าเฉลี่ยของพิสัยของทุกกลุ่มย่อย และ $\bar{\sigma}$ คือค่าเฉลี่ยของค่า

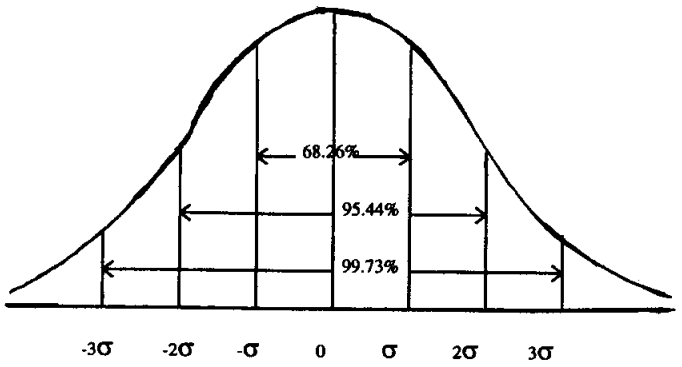
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกกลุ่มย่อย) แต่จะนิยมใช้ $\bar{R}$ ในการประมาณค่า σ' มากกว่า ยกเว้นขนาดของตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อย มีค่ามากกว่า 12 ค่า $\bar{\sigma}$ จะเป็นตัวประมาณค่าที่ดีกว่า $\bar{R}$

พิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart เราใช้ $\bar{X}' \pm 3\,\sigma_{\bar{X}}$ ซึ่ง $\sigma_{\bar{X}} = \sigma'/\sqrt{n}$

เมื่อ $\bar{X}'$ เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นค่ามาตรฐานซึ่งเป็นเส้นแกนกลางของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

σ' เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

n เป็นขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มย่อย



รูป 3.1 แสดงพื้นที่ของพิกัดควบคุม

การคำนวณพิกัดควบคุม (control limits) ใช้ 3σ-limits คือช่วงความเชื่อมั่น 99.73% หรือที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.27% คือ

$$P[\bar{X}' - 3\sigma'/\sqrt{n} \leq \bar{X}_i \leq \bar{X}' + 3\sigma'/\sqrt{n}] = 0.9973$$

ก่อนที่จะทำแผนภูมิควบคุมชนิดใด ต้องคำนึงถึงรายละเอียดดังนี้

1. การสุ่มตัวอย่าง ควรจะบ่อยหรือไม่ ควรจะมีกี่กลุ่มย่อย
2. ในแต่ละกลุ่มย่อย ควรจะสุ่มกี่หน่วย จึงจะประหยัด และไม่เสียเวลา โดยปกติ ขนาดตัวอย่างในแผนควบคุมเชิงปริมาณ มีจำนวนน้อย คือ 4, 5, 6 หรือ 10 แต่นิยมใช้ ขนาดตัวอย่าง = 5
3. เลือกชนิดของแผนภูมิให้สอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา และสอดคล้องกับสิ่งที่จะควบ

คุมคุณภาพ

5. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

6. ควรมีการปรับเปลี่ยนเส้นควบคุมหรือไม่

1. แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และพิสัย มีขั้นตอนดังนี้

1.1 สุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อยมา n หน่วย คำนวณค่าเฉลี่ย และค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อย ซึ่งมีทั้งหมด k กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่	จำนวนข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	พิสัย
1	$X_{11}, X_{12}, ..., X_{1n}$	$\bar{X}_1$	R_1
2	$X_{21}, X_{22}, ..., X_{2n}$	$\bar{X}_2$	R_2
:	:	:	:
k	$X_{k1}, X_{k2}, ..., X_{kn}$	$\bar{X}_k$	R_k

1.2 นำค่า $\bar{X}_1, \bar{X}_2, ..., \bar{X}_k$ หาค่าเฉลี่ยคือ $\bar{\bar{X}}$ และ $R_1, R_2, ..., R_k$ หาค่าเฉลี่ยคือ $\bar{R}$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + ... + \bar{X}_k}{k} = \sum_{i=1}^{k} \bar{X}_i / k$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + ... + R_k}{k} = \sum_{i=1}^{k} R_i / k$$

1.3 คำนวณค่า UCL, CL และ LCL ของแต่ละแผนภูมิ

1.4 นำค่าที่ได้ในข้อ 1.3 เขียนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมพิสัย

1.5 ลงจุด $\bar{X}_1, \bar{X}_2, ..., \bar{X}_k$ บนแผนภูมิ $\bar{X}$ chart และ $R_1, R_2, ..., R_k$ บนแผนภูมิ R chart

1.6 วิเคราะห์ และสรุปผลที่ได้จากแผนภูมิทั้งสอง

2. แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

2.1 สุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อยมา n หน่วย คำนวณค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแต่ละกลุ่มย่อย ซึ่งมีทั้งหมด k กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่	จำนวนข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	พิสัย
1	$X_{11}, X_{12}, ..., X_{1n}$	$\bar{X}_1$	σ_1
2	$X_{21}, X_{22}, ..., X_{2n}$	$\bar{X}_2$	σ_2
:	:	:	:
k	$X_{k1}, X_{k2}, ..., X_{kn}$	$\bar{X}_k$	σ_k

2.2
$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + ... + \bar{X}_k}{k} = \sum_{i=1}^{k} \bar{X}_i / k$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \ldots + \sigma_k}{K} = \sum_{i=1}^{k} \sigma_i / k$$

2.3 หาค่า UCL, CL และ LCL ของแต่ละแผนภูมิ

2.4 นำค่าที่ได้ ในข้อ 2.3 ไปเขียนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.5 ลงจุด $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \ldots, \bar{X}_k$ บนแผนภูมิ $\bar{X}$ chart และ $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_k$ บนแผนภูมิ σ chart

2.6 วิเคราะห์ และสรุปผลที่ได้จากแผนภูมิทั้งสอง

3. การคำนวณพิกัดควบคุม (Control Limits) ของแผนภูมิ $\bar{X}$ chart, R chart และ σ chart

การคำนวณหาเส้นแกนกลาง เส้นควบคุมล่าง เส้นควบคุมบนของแผนภูมิแต่ละชนิด

		เส้นแกนกลาง	LCL	UCL
$\bar{X}$ chart	1. ทราบค่า σ'	$\bar{X}'$ หรือ $\bar{\bar{X}}$	$\bar{X}' - A\sigma'$	$\bar{X}' + A\sigma'$
	2. ไม่ทราบค่า σ' แต่ทราบ $\bar{R}$	$\bar{X}'$ หรือ $\bar{\bar{X}}$	$\bar{X}' - A_2\bar{R}$	$\bar{X}' + A_2\bar{R}$
	3. ไม่ทราบค่า σ'แต่ทราบ $\bar{\sigma}$	$\bar{X}'$ หรือ $\bar{\bar{X}}$	$\bar{X}' - A_1\bar{\sigma}$	$\bar{X}' + A_1\bar{\sigma}$

		เส้นแกนกลาง	LCL	UCL
R chart	1. ทราบค่า σ'	$d_2\sigma'$	$D_1\sigma'$	$D_2\sigma'$
	2. ไม่ทราบค่า σ' แต่ทราบ $\bar{R}$	$\bar{R}$	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$
σ chart	1. ทราบค่า σ'	$C_2\sigma'$	$B_1\sigma'$	$B_2\sigma'$
	2. ไม่ทราบค่า σ'แต่ทราบ $\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}$	$B_3\bar{\sigma}$	$B_4\bar{\sigma}$

หมายเหตุ ค่า A, A_1, A_2, B_1, B_2, B_3, B_4, D_1, D_2, D_3, D_4 สามารถหาได้จากตาราง A และค่า c_2, d_2 หาได้จากตารางข้างล่าง แต่ค่า LCL ของ R chart หรือ σ chart มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับศูนย์เสมอ

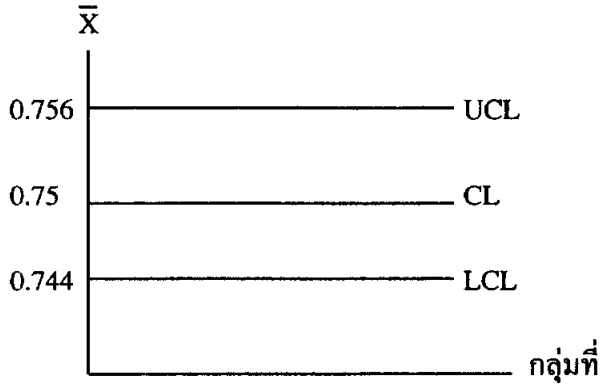
n	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
c_2	.5642	.7236	.7979	.8407	.8686	.8882	.9027	.9139	.9227	.9300	.9359
d_2	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078	3.173	3.258
n	14	15	16	17	18	19	20				
c_2	.9453	.9490	.9523	.9551	.9576	.9599	.9619				
d_2	3.407	3.472	3.532	3.588	3.640	3.689	3.735				

ตัวอย่างที่ 3.1 ความยาวของชิ้นส่วนที่ผลิตจากกระบวนการหนึ่ง มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0.750 นิ้ว ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.006 นิ้ว โรงงานต้องการรักษาระดับการผลิต ให้มีค่าเฉลี่ยคงที่ โดยเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ ครั้งละ 9 ชิ้น วัดความยาวที่ได้ คำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่าง นำผลที่ได้เขียนบนแผนภูมิค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งคำนวณหาเส้นควบคุมของแผนภูมิ $\bar{X}$ chart

$$UCL = \bar{X}' + A\sigma' = 0.75 + 1(0.006) = 0.756$$

$$CL = \bar{X}' = 0.75$$

$$LCL = \bar{X}' - A\sigma' = 0.75 - 1(0.006) = 0.744$$



ตัวอย่างที่ 3.2 ค่ารหัสจากการวัดในกระบวนการตัวแปร ได้ถูกบันทึกผล จำนวน 25 ตัวอย่างๆ ละ 6 ชิ้น ได้ค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ตามตารางข้างล่าง 1. จงคำนวณหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart, R chart และ σ chart 2. จงเขียนแผนภูมิ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งสรุปผลของ 25 ตัวอย่างที่ได้ ทั้งสองแผนภูมิ โดยกำหนดค่า $\sigma' = 5.10$

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R	σ
1	35.7	11.7	4.60
2	36.4	13.0	5.15
3	33.2	13.2	5.20
4	35.2	11.4	4.50
5	35.0	12.0	4.75
6	32.7	10.2	4.10
7	34.4	13.3	5.25
8	33.8	14.3	5.65
9	35.6	12.8	5.10
11	34.0	12.3	4.85
12	37.1	12.8	5.05
13	35.3	10.7	4.25
14	34.9	14.5	5.75
15	34.0	10.2	4.00
16	35.6	10.6	5.35
17	36.2	9.9	3.90
18	35.2	13.8	5.45

คำตอบ

$$\bar{\bar{X}} = \sum_{i=1}^{25} \bar{X}_i /25 = 875.5/25 = 35.02$$

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^{25} R_i /25 = 312.5/25 = 12.5$$

$$\bar{\sigma} = \sum_{i=1}^{25} \sigma_i /25 = 123.5/25 = 4.94$$

$\bar{X}$ chart

$$CL = \bar{\bar{X}} = 875.5/25 = 35.02$$

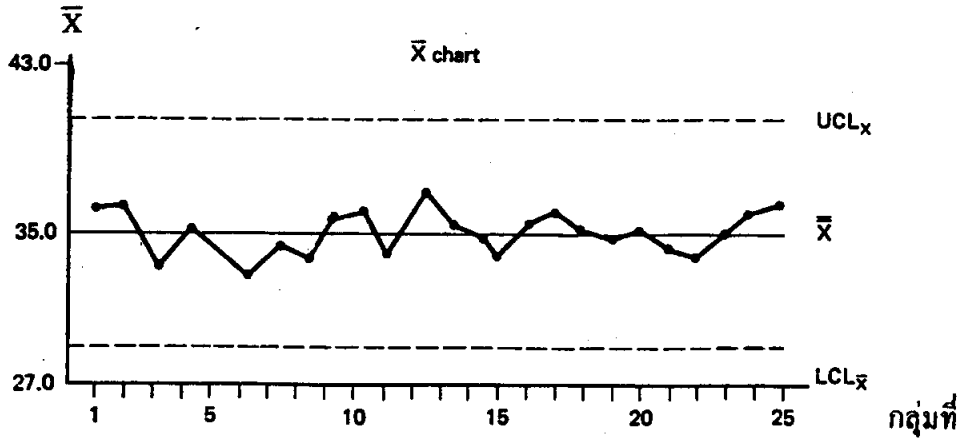
$$UCL = \bar{\bar{X}} + A\sigma' = 35.02 + 1.225(5.10)$$

$$= 41.27$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A\sigma' = 35.02 - 1.225(5.10)$$

$$= 28.77$$

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R	σ
19	35.0	13.2	5.20
20	35.1	15.0	6.00
21	34.4	12.8	5.05
22	33.9	11.9	4.70
23	35.0	10.9	4.35
24	35.8	12.9	5.10
25	36.1	13.7	5.40
รวม	875.5	312.5	123.50

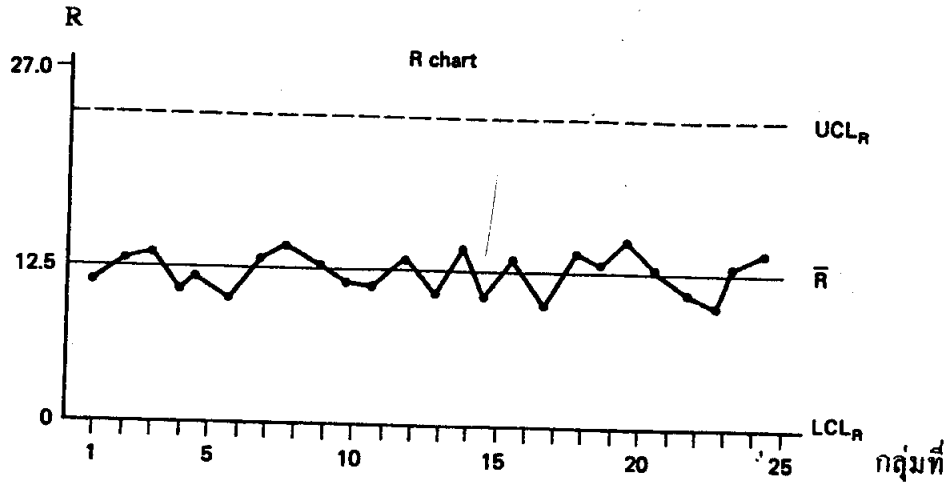


R chart

$$CL = d_2\sigma' = (2.534)(5.10) = 12.92$$

$$UCL = D_2\sigma' = (5.078)(5.10) = 25.90$$

$$LCL = D_1\sigma' = 0(5.10) = 0$$



σ chart

$$CL = C_2\sigma' = (0.8686)(5.10) = 4.43$$

$UCL = B_2\sigma' = (1.711)(5.10) = 8.73$

$LCL = B_1\sigma' = (0.026)(5.10) = 0.13$

จากแผนภูมิ $\bar{X}$ และแผนภูมิ R แต่ละแผนภูมิไม่มีจุดใด อยู่นอกเส้นควบคุม แสดงว่าไม่มี สิ่งผิดปกติใดๆ ที่จะเกิดความผันแปรที่ระบุสาเหตุได้ จึงถือว่ากระบวนการและความผันแปรของกระบวนการผลิต อยู่ภายใต้การควบคุม เราสามารถใช้แผนภูมิควบคุมนี้ ในการควบคุมการผลิตต่อไปและได้ $\bar{\bar{X}} = 35.02 = \bar{X}'$ เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตต่อไปได้

ตัวอย่างที่ 3.3 ฝ่ายเข้ารหัสวงจร เก็บรวบรวมข้อมูลได้ 30 กลุ่มตัวอย่าง มีขนาด n = 4 ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

กลุ่มที่	เดือน/วัน	ค่าของข้อมูล	ผลรวม	$\bar{X}$	R
		X_1 X_2 X_3 X_4			
1	6/5	27 31 20 38	116	29.0	18
2		18 26 41 30	115	28.75	23
3		22 17 22 29	90	22.50	12

กลุ่มที่	เดือน/วัน	ค่าของข้อมูล				ผลรวม	$\bar{X}$	R
		X_1	X_2	X_3	X_4			
4	6/6	34	51	47	50	182	45.50	17
5		54	30	36	40	160	40.00	24
6		41	50	37	44	172	43.00	13
7	6/7	26	38	40	45	149	37.25	19
8		35	10	34	53	132	33.00	43
9		47	20	24	27	118	29.50	27
10	6/8	18	27	21	30	96	24.00	12
11		30	37	16	25	108	27.00	21
12		46	40	52	50	188	47.00	12
13	6/9	24	35	19	20	98	24.50	16
14		35	41	42	46	164	41.00	11
15		47	37	18	26	128	32.00	29
16	6/12	35	38	20	27	120	30.00	18
17		40	40	31	48	159	39.75	17
18		31	28	39	18	116	29.00	21

กลุ่มที่	เดือน/วัน	ค่าของข้อมูล				ผลรวม	$\bar{X}$	R
		X_1	X_2	X_3	X_4			
19	6/13	22	41	32	40	135	33.75	19
20		17	27	30	30	104	26.00	13
21		45	48	21	35	149	37.25	27
22	6/14	50	41	49	38	178	44.50	12
23		44	36	30	26	136	34.00	18
24		15	19	17	22	73	18.25	7
25	6/15	35	18	26	30	109	27.25	17
26		26	38	40	30	134	33.50	14
27		31	19	25	27	102	25.50	12
28	6/16	34	37	46	28	145	36.25	18
29		47	29	33	39	148	37.00	18
30		28	19	37	34	118	29.50	18
		Sums					985.50	546

1. จงหาพิกัดควบคุม (control limits) ของกระบวนการ

2. จงเขียนแผนภูมิ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้

3. จงใช้การทดสอบแบบรัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบว่า มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ยหรือไม่

4. ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม (out of controls) ทุกจุดสามารถหาสาเหตุที่ระบุได้ จงปรับค่าพิกัดควบคุม ที่จะใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไปได้ พร้อมทั้งประมาณค่า $\bar{X}'$ และ σ'

คำตอบ 1. $\bar{X}$ chart $\quad CL = \bar{\bar{X}} = 985.50/30 = 32.85$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 32.85 + (0.729)(18.2)$$

$$= 32.85 + 13.27 = 46.12$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 32.85 - (0.729)(18.2)$$

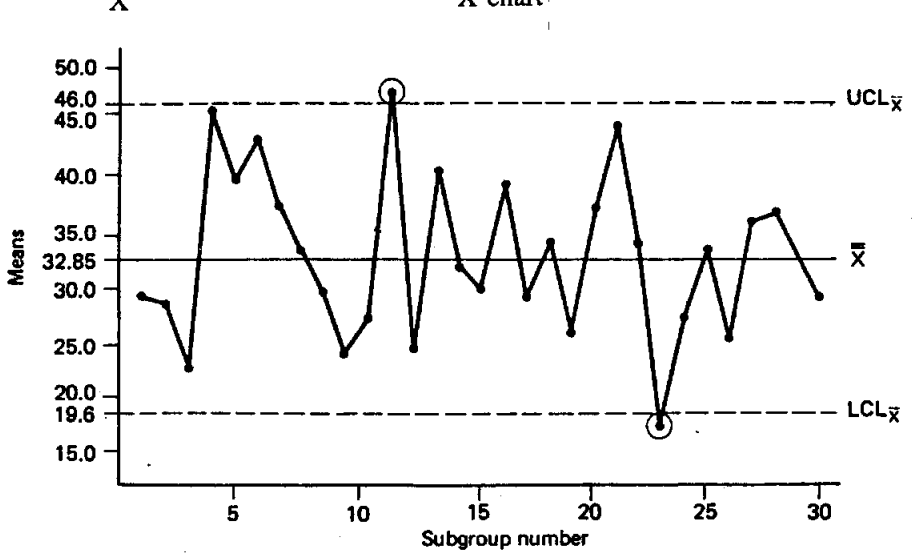
$$= 32.85 - 13.27 = 19.58$$

R chart $\quad CL = \bar{R} = 546/30 = 18.2$

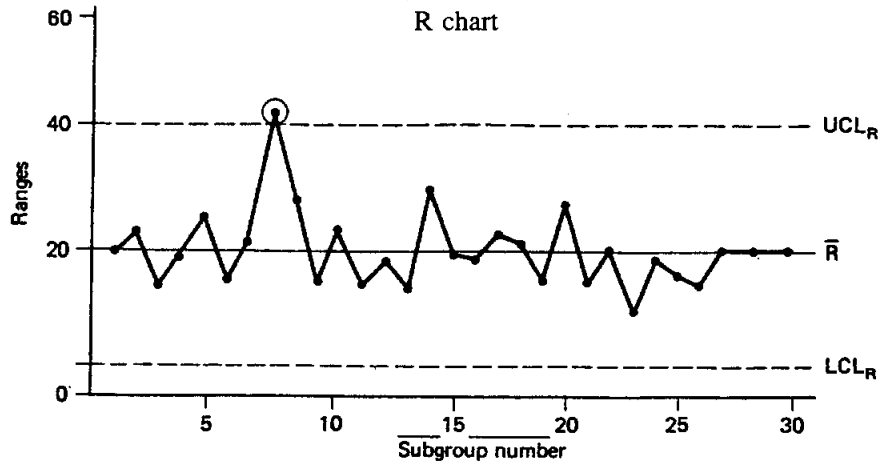
$$UCL = D_4\bar{R} = (2.282)(18.2) = 41.5$$

$$LCL = D_3\bar{R} = 0$$

2. $\bar{X}$



R



3. H_0 : ไม่มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ย VS H_1 : มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ย

จาก $\bar{X}$ chart ค่า $\bar{X}$ ที่ต่ำกว่า CL ให้เครื่องหมาย - และค่า $\bar{X}$ ที่มากกว่า CL ให้เป็นเครื่องหมาย + ได้เครื่องหมายดังนี้

- - - + + + + - - - + - + - - + - + - + + + - - + - + + -

U = 17, r = 15, S =15

ที่ $\alpha = 0.05$, ค่าวิกฤติจากตาราง B ได้ $k = 11$ $\therefore$ $U > k$ เราจะยอมรับ H_0 นั่นคือไม่มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ย

4. จาก $\bar{X}$ chart มีจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุม 2 จุด และ R chart มีจุดตกนอกพิกัดควบคุม 1 จุด แต่ตรวจสอบสาเหตุได้ตัวอย่างที่ 24 นั้น ตอนตั้งเครื่องเริ่มแรกตั้งไว้ผิด จึงควรปรับค่าใน R chart ด้วย จึงปรับค่าพิกัดควบคุม ทั้งสองแผนภูมิได้ค่าดังนี้

$\bar{\bar{X}} = (985.50 - 33 - 18.25)/28 = 934.25/28 = 33.37$

$\bar{R} = (546 - 43 - 7)/28 = 496/28 = 17.7$

$\bar{X}$ chart $CL = \bar{\bar{X}} = 33.37$

$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 33.37 + (0.729)(17.7) = 33.37 + 12.9 = 46.27$

$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 33.37 - (0.729)(17.7) = 33.37 - 12.9 = 20.47$

R chart $CL = \bar{R} = 17.7$

$UCL = D_4\bar{R} = (2.282)(17.7) = 40.4$

$LCL = D_3\bar{R} = 0$

นำค่าที่ได้ไปเขียนในแผนภูมิทั้งสอง เส้นประคือ พิกัดควบคุมที่ไปปรับค่าเรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม ได้ค่า $\bar{X}' = 33.37$, $\sigma' = \bar{R}/d_2 = 17.7/2.059 = 8.6$

หมายเหตุ

กรณีมีจุดตกนอกเส้นควบคุม การปรับพิกัดควบคุม (control limits) ใหม่ สามารถกระทำได้ดังนี้

1. จาก R chart มีจุดตกนอกเส้นควบคุม แต่ $\overline{X}$ chart ไม่มีจุดใดเลยที่ตกนอกเส้นควบคุม จะปรับ R chart โดยตัดจุด R ที่ตกนอกเส้นควบคุม (โดยต้องพิจารณาว่า การตัดค่า R จากตัวอย่างใดออก ถ้าเกี่ยวข้องกับ $\overline{X}$ ในตัวอย่างนั้น ก็สมควรจะตัด $\overline{X}$ ในตัวอย่างนั้นออกด้วย) คำนวณเส้นควบคุมใหม่ จากค่า R ที่เหลือ จนกระทั่งทุกจุดอยู่ภายใต้เส้นควบคุม และนำค่า $\overline{R}$ ที่ได้จากการปรับค่าใหม่ไปคำนวณหา เส้นควบคุมบน และเส้นควบคุมล่าง ของ $\overline{X}$ chart

2. จาก $\overline{X}$ chart มีจุดตกนอกเส้นควบคุม แต่ R chart ไม่มีจุดใดอยู่นอกเส้นควบคุม ให้ตัดค่า $\overline{X}$ ของตัวอย่างที่อยู่นอกเส้นควบคุม และคำนวณค่า $\overline{\overline{X}}$ ใหม่ พร้อมทั้งหาเส้นควบคุมบนและเส้นควบคุมล่างใหม่ด้วย

3. ทั้ง $\overline{X}$chart และ R chart มีจุดตกนอกเส้นควบคุม ให้ปรับพิกัดควบคุม โดยพิจารณาตามข้อ 1 และ 2

การหาสาเหตุที่สามารถระบุได้ บนแผนภูมิ $\overline{X}$ chart และ R chart

จากแผนภูมิ $\overline{X}$ chart และ R chart เมื่อมีจุดที่ตกนอกพิกัดควบคุม ซึ่งตัวเลขที่เก็บได้ มีการกระจายเข้าลักษณะที่มีรูปแบบ (Pattern) โดยมีการเก็บตัวเลขดังกล่าวเป็นเวลานาน แผนภูมิ $\overline{X}$ chart และ R chart จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสืบเสาะหาสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ เป็นกรณีๆ ดังนี้

กรณี 1 ถ้าแผนภูมิควบคุม จุดกระจาย เข้าลักษณะ กระโดด เปลี่ยนระดับ

ถ้าเกิดใน $\overline{X}$ chart สาเหตุอาจเกิดจาก

- มีการเปลี่ยนสัดส่วนของวัตถุดิบ หรือวัตถุดิบซื้อมาจากแหล่งต่างๆ กัน
- พนักงานผลิต ไม่มีความชำนาญการ หรือ ใช้เครื่องจักรใหม่

- อยู่ในระหว่างการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิต

- มีบางส่วนของเครื่องจักรทำงานผิดพลาด

ถ้าเกิดใน R chart สาเหตุเกิดจาก

- พนักงานผลิตไม่มีความชำนาญการ

- วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต มีคุณภาพแตกต่างกัน

- กระบวนการผลิตอยู่ในระหว่างการปรับปรุงแก้ไข

ขณะที่ $\bar{X}$ chart และ R chart เข้าลักษณะดังกล่าวนี้ มักจะเกิดขึ้นในระหว่างโรงงานเริ่มผลิตสินค้าใหม่ๆ

กรณีที่ 2 จุดกระจายในลักษณะแนวโน้ม

ถ้าเกิดใน $\bar{X}$ chart สาเหตุอาจเกิดจาก

- เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตค่อยๆ เกิดการสึกหรอ

- พนักงานผลิต เหน็ดเหนื่อยในการทำงาน

- อุณหภูมิหรือความชื้นต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป หรือสภาพแวดล้อมภายในโรงงาน ค่อยๆ เปลี่ยนไป

ถ้าเกิดใน R chart สาเหตุเกิดจาก

- พนักงานการผลิตมีความชำนาญการมากขึ้น หรือ ด้อยลง

- พนักงานผลิตทำงานเหน็ดเหนื่อยมากเกินไป

- คุณภาพของวัตถุดิบ ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไป

กรณีที่ 3 จุดกระจายมีลักษณะเป็นวัฏจักร

ถ้าเกิดใน $\bar{X}$ chart สาเหตุเกิดจาก

- อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อวั ตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

- สภาพแวดล้อมในการผลิต เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะกายภาพ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ

- พนักงานผลิตคนละกะกัน ผลัดเปลี่ยนเวรในแต่ละผลัด

- การผลัดเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

ถ้าเกิดใน R chart สาเหตุเกิดจาก

- พนักงานผลิตทำงานเหนื่ดเหนื่อย

- เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต เสื่อมคุณภาพ

กรณีที่ 4 จุดหลายจุดกระจายใกล้เส้นแกนกลาง

ถ้าเกิดใน $\bar{X}$ chart สาเหตุเกิดจาก

- คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีลักษณะต่างกันมาก แสดงถึงวัตถุดิบมาจากคนละแหล่งผลิต

- กระบวนการผลิตต่างกัน หรือ เครื่องจั กรที่ใช้ในการผลิตต่างกัน แต่นำค่ามาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุมเดียวกัน

- วิธีการตรวจสอบ และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบต่างกัน

ถ้าเกิดใน R chart สาเหตุเกิดจาก

- ข้อมูลได้มาจากกรรมวิธีการผลิตที่มีสภาวะต่างกัน แต่นำมาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุมเดียวกัน

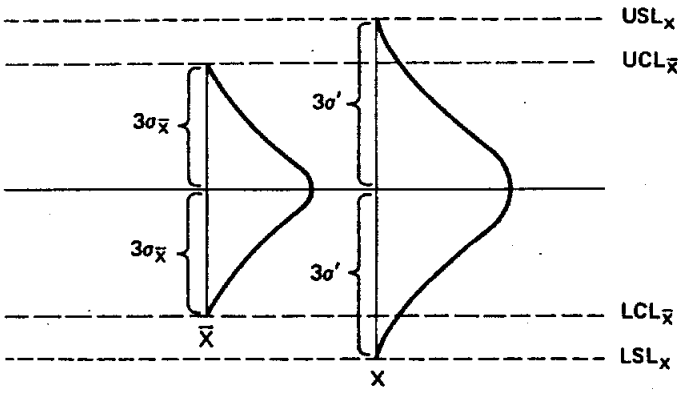
- นำวัตถุดิบที่มีคุณภาพแตกต่างกันมาผสมกัน

- พนักงานผลิตมีความแตกต่างกัน แต่นำข้อมูลมาพล๊อตลงใน R chart เดียวกัน

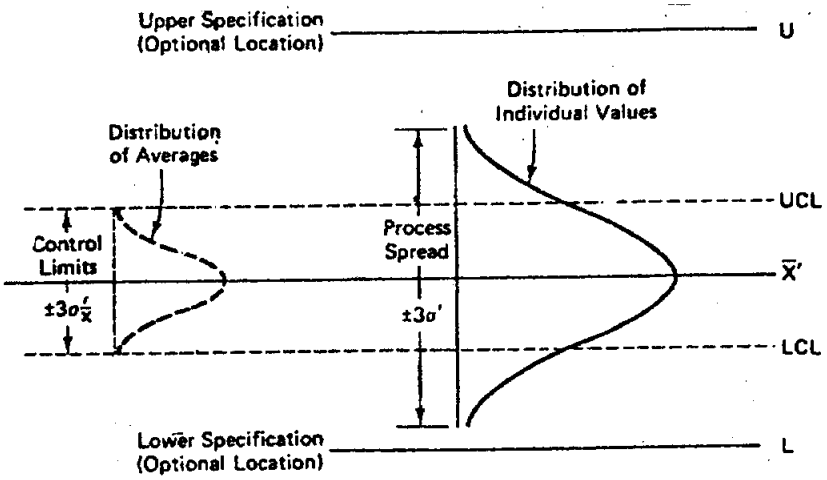
กรณีที่ 5 ถ้ามีจุดหลายๆ จุดอยู่บริเวณเส้นแกนกลาง แสดงว่าเกิดการผิดพลาดในการคำนวณค่าพิกัดควบคุม หรือ พิกัดควบคุมมีความกว้างมากเกินไป

4. ความสัมพันธ์ระหว่าง พิกัดควบคุมละขอบเขตที่กำหนด

เมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้พิกัดควบคุมแล้ว ควรจะคำนึงถึงขอบเขตที่กำหนดด้วย ขอบเขตที่กำหนด หรือ tolerance limits เป็นช่วงที่สามารถกำหนดขึ้นบนพื้นฐานความต้องการของลูกค้า ที่ขึ้นอยู่กับชนิดของสินค้า และขึ้นอยู่กับความผันแปรโดยธรรมชาติของกระบวนการบนสมรรถนะของกระบวนการ (Process Capabilty) ขอบเขตที่กำหนดของสินค้าแต่ละชนิดอาจแตกต่างกัน บางชนิด มีแต่ขอบเขตกำหนดบน (Upper Specification Limit : USL) บางชนิด มีแต่ขอบเขตกำหนดล่าง (Lower Specification Limit : LSL) และสินค้าบางชนิด ต้องมีทั้งขอบเขตกำหนดบนและขอบเขตกำหนดล่าง โดยปกติแล้ว เส้นควบคุมบน จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตกำหนดบน และเส้นควบคุมล่าง จะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า ขอบเขตกำหนดล่าง ดังนั้น จึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับ พิกัดควบคุม (control limits) บนแผนภูมิควบคุม อย่าให้สับสนกับขอบเขตที่กำหนด (Specification Limits) ขอบเขตที่กำหนดจะต้องคุมค่าคุณสมบัติที่วัดได้ หรือค่าสังเกตที่วัดได้ สินค้าจึงจะได้รับการยอมรับ ถ้าค่าสังเกตที่วัดได้ตกนอกขอบเขตกำหนดบน หรือขอบเขตกำหนดล่าง ขอบเขตใดขอบเขตหนึ่ง สินค้านั้นจะไม่ได้รับการยอมรับ หรือเป็นของเสียทันที



Comparison of specification limits and control limits



Relationship of limits, specifications, and distributions.

5. ความสัมพันธ์ระหว่าง ขอบเขตที่กำหนด กับช่วงกว้างของกระบวนการ

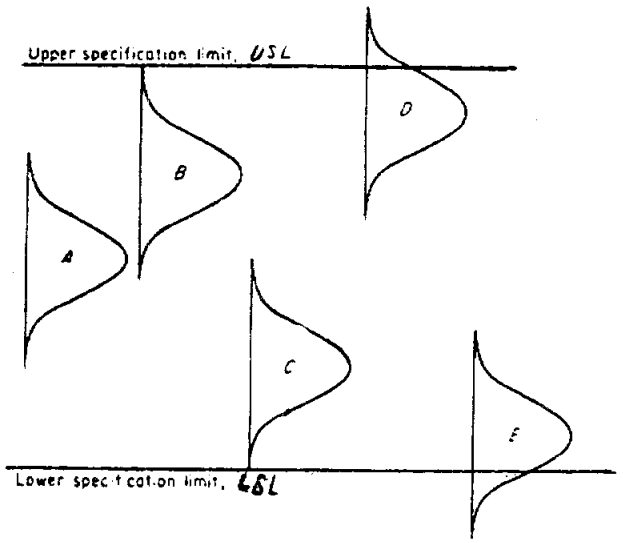
ขอบเขตที่กำหนด สามารถกำหนดขึ้น ตามความต้องการของผู้บริโภค และความพร้อมของโรงงาน ซึ่งวิศวกรของโรงงานจะเป็นผู้ตั้งขอบเขตนี้ โดยคำนึงถึงคุณภาพของสินค้าว่าควรอยู่ในขอบเขตเท่าไร และช่วงกว้างของกระบวนการ เป็นค่าที่ได้จากการตรวจสอบสินค้าทีละชิ้น วัดค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสินค้า ระยะห่างของค่าที่วัดได้ทั้งสอง เป็นช่วงกว้างของกระบวนการ ($6\sigma'$) เป็นค่าที่วัดได้จากประชากร จริงๆ ดังนั้นช่วงกว้างของกระบวนการ จึงเป็นการกระจายของข้อมูลค่าเดียว (X_i) ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อย ดังนั้นสามารถแยกออกเป็นกรณี ดังนี้

5.1 กรณีที่ขอบเขตที่กำหนดมี 2 ด้าน แบ่งเป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เมื่อ $6\sigma' < USL - LSL$

ช่วงกว้างของกระบวนการ แคบกว่า ขอบเขตที่กำหนด ตามรูป ถ้ากระบวนการผลิตรักษาระดับได้ตรงตามรูป A จะได้ว่า โรงงานมีความพอใจมากที่สุด เพราะสามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า สามารถควบคุมกระบวนการให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ และได้คุณภาพของสินค้าตรงตามขอบเขตที่กำหนด ซึ่งถ้าเป็นไปในลักษณะดังกล่าวนี้ โรงงานสามารถสุ่มตัวอย่างให้ห่างหน่วยได้ หรืออาจจะไม่ต้องจัดทำแผนภูมิควบคุมก็ได้ ถ้ายังคงรักษาระดับการควบคุมไว้ได้

ถ้ากระบวนการผลิตรักษาระดับคุณภาพได้ ตรงตามรูป B หรือ C อย่างใดอย่างหนึ่ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเป็นค่าที่ไม่เหมาะสม หรือไม่ตรงกับเป้าหมายที่วางไว้ แต่การกระจายของค่าที่วัดได้เหมาะสมดีแล้วเพราะ ช่วงกว้างของกระบวนการยังอยู่ในช่วง USL - LSL การแก้ไขเพียงแต่ปรับค่า $\bar{X}'$ ให้อยู่ระหว่าง USL กับ LSL นั่นคือ ถ้ากระบวนการผลิตรักษาระดับคุณภาพได้ตรงตามรูป D หรือ E อย่างใดอย่างหนึ่ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการ มีค่าสูงเกินไป หรือต่ำเกินไป ลักษณะเช่นนี้จะได้คุณภาพของสินค้าไม่ตรงตามมาตรฐาน อาจจะต้องมีการเปลี่ยนเงื่อนไข หรือปัจจัยการผลิตใหม่ ที่ได้ตกลงไว้กับลูกค้า เพราะมีค่าบางค่า มากกว่า USL หรือ ค่าบางค่า ต่ำกว่า LSL ทำให้สินค้าที่ผลิตออกมามีความแตกต่างกัน ลักษณะนี้ ยังคงถือว่ากระบวนการผลิตยังคงอยู่ภายใต้การควบคุม แต่ยังไม่ได้มาตรฐานตามที่โรงงานกำหนดไว้

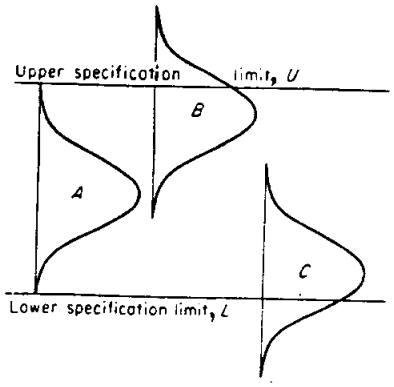


Some cases where the spread of a process is less than the difference between specification limits.

กรณีที่ 2 เมื่อ $6\sigma' = USL - LSL$

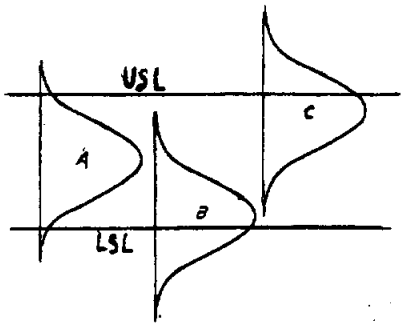
ตามรูป B หรือ C สินค้าไม่ตรงตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนดไว้ ทางออกที่ดีคือให้วิศวกรของโรงงาน เพิ่มขอบเขตที่กำหนดให้กว้างกว่านี้ (แต่จะต้องไม่ทำให้สินค้าเสื่อมคุณภาพลง) หรือ โดยการลดค่าความผันแปรของกระบวนการ เพื่อทำฐานของการกระจายของกระบวนการแคบลง จึงจะทำให้ขอบเขตที่กำหนดกว้างขึ้น แต่โรงงานจะต้องเคร่งครัดมากในเรื่องของเครื่องจักร จะต้องบำรุงรักษาไว้เป็นอย่างดี

วัตถุดิบที่จะป้อนเข้าโรงงานจะต้องเลือกเฟ้นที่มีคุณภาพดีจริงๆ และพนักงานจะต้องผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี ซึ่งถ้าต้องควบคุมคุณสมบัติดังกล่าวมานี้ โรงงานจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย



Some cases where the spread of a process is approximately equal to the difference between specification limits.

กรณีที่ 3 ถ้า $6\sigma' > USL - LSL$



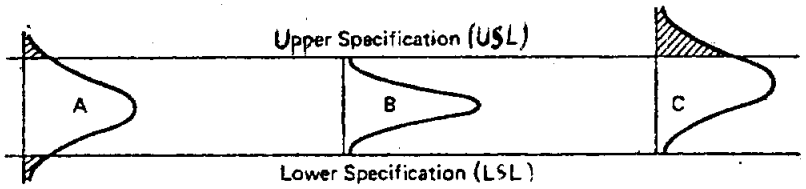
Some cases where the spread of a process is greater than the difference between specification limits.

การผลิตสินค้ายังไม่เข้าตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนดไว้ ถึงแม้กระบวนการผลิตยังอยู่ภายใต้การควบคุม ตามรูป A ก็ยังคงมีสินค้าไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด แต่ถ้าเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ความผันแปรของกระบวนการไม่เปลี่ยน ตามรูป B หรือ C ก็จะยิ่งทำให้มีเปอร์เซนต์ของสินค้าที่ไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้ควรจะทำแผนภูมิควบคุมอยู่เสมอ และควรเก็บตัวอย่างบ่อยครั้งมากขึ้น จึงควรหาทางแก้ไข ดังนี้

1. ควรมีการปรึกษาหารือกับวิศวกรประจำโรงงาน เกี่ยวกับการขยายขอบเขตที่กำหนด
2. ควรมีการตรวจคุณภาพสินค้าทั้ง 100 % เมื่อพบสินค้าที่มีข้อบกพร่อง ควรคัดทิ้งทันที

3. ควรลดการกระจายของตัวเลขที่เก็บรวบรวมมาโดยทำให้ค่าที่ได้ห่างจากค่ากลาง ($\bar{X}'$) น้อยที่สุด ซึ่งจะมีผลทำให้ ช่วงกว้างของกระบวนการแคบลง ตามรูป B

4. ควรคำนึงถึงการเปลี่ยนระดับของ $\bar{X}'$ ใหม่ คือ ค่าอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยต้องพิจารณาผลที่เกิดขึ้นระหว่างจำนวนสินค้าที่ผลิตแล้วใช้ไม่ได้เลย (scrap) กับจำนวนสินค้าที่ผลิตแล้วไม่ได้มาตรฐานหรือใช้ไม่ได้ แต่มีทางแก้ไขได้ (rework) ค่า scrap และ rework อาจจะเป็นค่าที่มากกว่า USL หรือ ค่าต่ำกว่า LSL ก็ได้ แล้วแต่กรณีของสินค้า



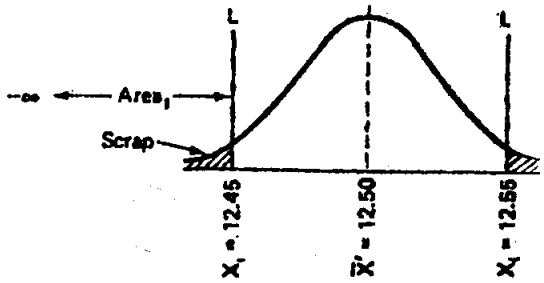
Changes in the process average and dispersion when $6\sigma' > U - L$.

ตัวอย่างที่ 3.4 โรงงานแห่งหนึ่งต้องการตัดเหล็กแต่ละเส้น ยาว 12.5 ซ.ม. กำหนด USL = 12.55 LSL = 12.45 ซ.ม. $\sigma' = 0.02$ ซ.ม. และถ้ากระบวนการผลิตปัจจุบัน ตัดเหล็กแล้วได้ความยาว $\bar{X}' = 12.5$ จงหาว่า

1. มีกี่เปอร์เซนต์ของเหล็กที่จะเป็น scrap และมีกี่เปอร์เซนต์ของเหล็กที่จะเป็น rework
2. ถ้าไม่ต้องการให้เกิดกรณี scrap ในกระบวนการผลิต ควรจะกำหนดค่า $\bar{X}'$ เท่ากับเท่าไร
3. ถ้า $\bar{X}'$ มีค่าตามข้อ 2 อยากทราบว่า มีกี่ % ของการตัดเหล็กที่จะเกิด rework

คำตอบ

1. ถ้าเหล็กยาวเกินไปจะเกิด rework และเหล็กสั้นเกินไปจะเกิด scrap



$$Z_1 = \frac{12.55 - 12.5}{0.02} = 2.5$$

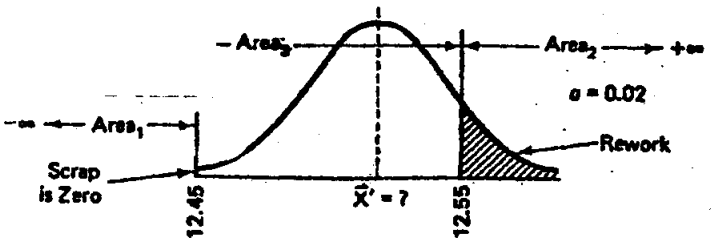
$$Z_1 = \frac{12.45 - 12.5}{0.02} = -2.5$$

P[เกิด rework] = $P[Z > z_1] = 0.0062$ โอกาสที่จะเกิดสินค้าที่เป็น rework มี = 0.62%

P[เกิด rework] = $P[Z \leq z_2] = 0.0062$ โอกาสที่จะเกิดสินค้าที่เป็น scrap มี = 0.62%

2. เพื่อไม่ให้เกิด scrap LSL = 12.45

$$-3 = \frac{12.45 - \bar{X}'}{0.02}$$



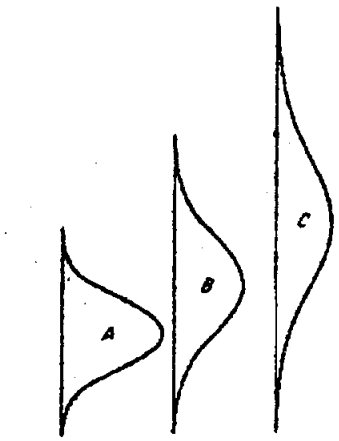
$\therefore \bar{X}' = 12.51$

3. $$Z = \frac{12.55 - 12.51}{0.02} = 2 \qquad P[Z > 2] = 0.0228$$

$\therefore$ % ของเหล็กที่จะเกิด rework = 2.28%

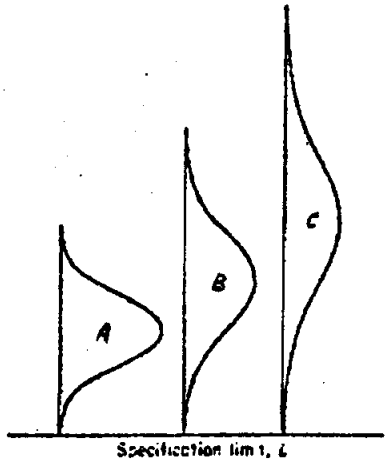
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงกว้างของกระบวนการ กับ ขอบเขตที่กำหนด ที่ขอบเขตกำหนดด้านใดด้านหนึ่ง แบ่งได้เป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ค่าต่ำสุดของตัวเลขที่ได้จากกระบวนการผลิต มีค่าสูงกว่า ขอบเขตกำหนดล่าง จากรูป ทั้งการกระจายของเส้นโค้ง A, B และ C มีค่าต่ำสุดเท่ากัน การกระจายของเส้นโค้ง B มีช่วงกว้างของกระบวนการและค่าเฉลี่ยของกระบวนการมากกว่าเส้นโค้ง A และการกระจายของเส้นโค้ง C มีช่วงกว้างของกระบวนการและค่าเฉลี่ยของกระบวนการมากกว่าเส้นโค้ง A ลักษณะเช่นนี้ สินค้าที่ผลิตทุกชิ้นได้มาตรฐาน โรงงานอาจจะไม่ต้องทำแผนภูมิควบคุมก็ได้



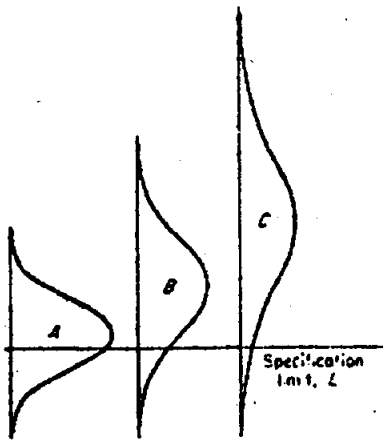
Some cases where the low value of the process distribution is above the specification minimum.

กรณีที่ 2 ค่าต่ำสุดของตัวเลขที่ได้จากกระบวนการผลิต มีค่าเท่ากับ ขอบเขตกำหนดล่าง ลักษณะนี้ ถ้าขยับค่าเฉลี่ยของกระบวนการลดลง เปอร์เซนต์สินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน ที่ได้จากเส้นโค้ง A จะมีมากกว่า ที่ได้จากเส้นโค้ง C (โดยดูจาก พื้นที่ใต้เส้นโค้งที่ต่ำกว่าขอบเขตกำหนดล่างของเส้นโค้ง A และเส้นโค้ง C)



Some cases where the low value of the process distribution is approximately at the specification minimum.

กรณีที่ 3 ค่าต่ำสุดของตัวเลขที่ได้จากกระบวนการผลิต มีค่าน้อยกว่า ขอบเขตกำหนดล่าง



6. ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐาน การตั้งสมมติฐาน จะเป็นการทดสอบเกี่ยวกับสิ่งที่อ้างถึง ซึ่งเป็นสมมติฐานหลัก จากแผนภูมิควบคุม สมมติฐานหลัก (H_0) คือกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม หรือ หมายความเกี่ยวกับ คุณภาพของกระบวนการ การตัดสินใจที่เกิดขึ้นในการทดสอบ

สมมติฐาน คือ ยอมรับ H_0 เป็นจริง และปฏิเสธ H_0 ซึ่งการทดสอบอาจเกิดการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ 2 แบบ คือ

6.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I error) เกิดจากการตัดสินใจว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม แต่จริงๆ แล้ว มันอยู่ภายใต้การควบคุม ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 หรือ ระดับความเสี่ยงของผู้ผลิต ก็คือ ระดับนัยสำคัญ α

6.2 ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) เกิดจากการตัดสินใจว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม แต่แท้จริงแล้ว มันอยู่นอกการควบคุม ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 หรือระดับความเสี่ยงของผู้บริโภค ก็คือ ระดับนัยสำคัญ β

แบบฝึกหัด

1. ข้อมูลเก็บรวบรวม จาก 30 ตัวอย่าง ขนาด n = 7 ได้ค่า $\bar{\bar{X}} = 240$ และ $\bar{R} = 28$

   จงคำนวณหาพิกัดควบคุม (control limits) ของ $\bar{X}$ และ R chart พร้อมทั้งประมาณค่า σ'

2. สุ่มข้อมูล มา 28 ตัวอย่างๆ ละ 4 ชิ้น คำนวณได้ ค่า $\bar{\bar{X}} = 10.84$ $\bar{R} = 3.6$

   จงคำนวณหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งประมาณค่า σ'

3. กำหนด $\bar{X}' = 35$ และ $\sigma' = 6.7$, n = 4

   จงคำนวณหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart, R chart และ σ chart

4. ถ้า n = 15 จาก 25 ตัวอย่าง ได้ค่า $\bar{\bar{X}} = 115.4$, $\bar{\sigma} = 21.2$

   จงคำนวณหาพิกัดควบคุมสำหรับ $\bar{X}$ chart และ σ chart พร้อมทั้งประมาณค่า σ'

5. เก็บตัวอย่าง จาก 50 ตัวอย่างๆ ละ 10 ได้ $\Sigma\bar{X} = 785$ และ $\Sigma R = 65$

   จงคำนวณหาพิกัดควบคุมสำหรับ $\bar{X}$ chart และ R chart

6. สุ่มตัวอย่างมา 28 ตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างละ 4 ได้ผลดังตาราง

   6.1 จงเขียนแผนภูมิควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้จากแผนภูมิว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

   6.2 จงใช้การทดสอบแบบรัน ทดสอบว่าผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการไม่เป็นเชิงสุ่มหรือไม่

กลุ่มตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3	X_4
1	18	16	14	0
2	9	0	3	5
3	14	11	0	4
4	20	12	23	13
5	16	8	18	22
6	2	0	14	17
7	5	1	2	2
8	5	20	6	2
9	9	16	12	8
10	3	35	15	0
11	11	11	3	4
12	19	4	9	21
13	17	14	4	19
14	5	6	22	11
15	4	3	19	12
16	8	18	0	7

กลุ่มตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3	X_4
17	20	21	5	14
18	16	0	6	11
19	13	8	11	8
20	11	5	25	12
21	1	3	1	7
22	4	12	4	13
23	11	17	12	10
24	5	12	10	3
25	1	0	2	18
26	1	8	3	16
27	7	14	18	1
28	3	19	5	8

7. วัดชิ้นส่วนประกอบไฟฟ้าเป็นโอห์ม จากการสุ่มตัวอย่างมา 30 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ชิ้น

7.1 จงเขียนแผนภูมิควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งสรุปผลจากแผนภูมิว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

7.2 จงใช้การทดสอบแบบรัน ทดสอบว่า ผลที่เกิดขึ้นสืบเนื่องมาจากกระบวนการที่ไม่เป็นเชิงสุ่มหรือไม่

7.3 กระบวนการอยู่นอกการควบคุม โดยถือว่าทุกจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุม เป็นสาเหตุที่สามารถระบุได้ (assignable causes) จงคำนวณหาพิกัดควบคุมใหม่ที่ใช้ในการควบคุมปัจจุบันได้

ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3
1	207	194	201
2	204	191	203
3	198	201	196
4	195	199	181
5	199	221	218
6	200	200	207
7	222	195	205
8	215	186	181

ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3
9	188	199	191
10	171	200	201
11	200	201	192
12	204	207	194
13	191	215	200
14	201	204	200
15	198	212	206
16	231	188	223

ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3
17	202	210	219
18	187	190	205
19	194	196	207
20	196	199	190
21	199	208	200
22	185	206	201
23	209	225	226

ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3
24	199	199	208
25	214	203	195
26	208	202	199
27	202	205	185
28	195	210	199
29	206	191	200
30	198	205	202

8. ข้อมูลต่อไปนี้เป็นค่าเฉลี่ยและพิสัยของความยาวฐานลูกระเบิดที่ผลิตในสงครามโลก โดยวัดความยาวเป็นนิ้ว ได้ผลดังต่อไปนี้

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R
1.....	0.8372	0.010
2.....	0.8324	0.009
3.....	0.8318	0.008
4.....	0.8344	0.004

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R
5.....	0.8346	0.005
6.....	0.8332	0.011
7.....	0.8340	0.009
8.....	0.8344	0.003

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R
9.....	0.8308	0.002
10.....	0.8350	0.006
11.....	0.8380	0.006
12.....	0.8322	0.002

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R
13.....	0.8372	0.010
14.....	0.8322	0.005
15.....	0.8304	0.008
16.....	0.8536	0.013

กลุ่มที่	$\bar{X}$	R
17.....	0.8282	0.006
18.....	0.8346	0.005
19.....	0.8360	0.004
20.....	0.8374	0.006

8.1 จงหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งหาพิกัดควบคุมที่สามารถใช้ควบคุมการผลิตลูกระเบิดต่อไปได้

8.2 ถ้าขอบเขตที่กำหนดคือ 0.83 ± 0.01 นิ้ว โดยความยาวของลูกระเบิดมีการแจกแจงแบบปกติ จงหา % ของความยาวฐานลูกระเบิดที่อยู่นอกขอบเขตกำหนดล่าง และนอกขอบเขตกำหนดบน ซึ่งถือว่าเป็นชิ้นส่วนที่ใช้การไม่ได้

8.3 ถ้าต้องการให้ เปอร์เซนต์ของชิ้นส่วนที่ใช้การไม่ได้ มีค่าเป็น 0 จะต้องเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยกระบวนการเป็นเท่าไร

9. ข้อมูลความสูงของหัวระเบิด ได้ค่าเฉลี่ยและพิสัยของแต่ละตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	R	ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	R	ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	R
1.....	0.4402	0.015	11.....	0.4360	0.011	21.....	0.4392	0.006
2.....	0.4390	0.018	12.....	0.4402	0.007	22.....	0.4378	0.008
3.....	0.4448	0.018	13.....	0.4332	0.008	23.....	0.4362	0.016
4.....	0.4432	0.006	14.....	0.4356	0.017	24.....	0.4348	0.009
5.....	0.4228	0.008	15.....	0.4314	0.010	25.....	0.4338	0.005
6.....	0.4382	0.010	16.....	0.4362	0.015	26.....	0.4366	0.014
7.....	0.4358	0.011	17.....	0.4380	0.019	27.....	0.4346	0.009
8.....	0.4440	0.019	18.....	0.4350	0.008	28.....	0.4374	0.015
9.....	0.4366	0.010	19.....	0.4378	0.011	29.....	0.4339	0.024
10.....	0.4368	0.011	20.....	0.4384	0.009	30.....	0.4368	0.014

9.1 จากข้อมูล 20 ตัวอย่างแรก จงเขียนแผนภูมิควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart แล้วใช้ข้อมูล 10 ตัวอย่างที่เหลือ เขียนจุดบนแผนภูมิที่ได้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลสรุปว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่

9.2 จงหาค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ($\bar{X}'$) พร้อมทั้งประมาณค่า σ'

10. ค่าของ $\bar{X}$ และ R ที่ได้จากตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง ขนาด n = 4 ได้ $\Sigma\bar{X} = 41.34$, $\Sigma R = 0.32$

1. จงหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart
2. จงประมาณค่า σ' ที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป
3. ขอบเขตที่กำหนด คือ 2.05 ± 0.02 ถ้าค่าที่ตกอยู่เหนือ USL จะถือว่าเป็นสินค้าประเภท rework และค่าต่ำกว่า LSL ถือว่าเป็นสินค้าประเภท scrap จงหา % ของสินค้าที่เป็นทั้ง rework และ scrap

11. ในการผลิตสวิตส์ไฟฟ้า ได้สุ่มตัวอย่าง 30 กลุ่มๆ ละ 5 อัน ถูกทดสอบในแต่ละชั่วโมง โดยตั้งเครื่องอัตโนมัติ บังคับอุณหภูมิให้คงที่ วัดค่าได้ผลดังนี้

ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	54	56	56	56	55	6	53	47	58	55	54
2	51	52	54	56	49	7	52	55	54	55	56
3	54	52	50	57	55	8	56	53	53	54	55
4	56	55	56	53	50	9	55	52	53	56	55
5	53	54	57	56	52	10	50	54	53	55	55

ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	ตัวอย่างที่	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
11	57	54	53	52	53	21	53	55	57	56	55
12	52	52	54	53	55	22	59	54	53	54	55
13	54	53	55	52	52	23	54	55	58	55	54
14	54	55	54	53	55	24	56	53	51	55	59
15	56	53	57	56	54	25	56	55	55	55	55
16	58	57	56	54	54	26	54	53	54	55	54
17	55	55	55	56	53	27	53	52	55	54	53
18	54	57	54	55	54	28	53	52	53	57	53
19	54	53	56	53	55	29	53	51	55	50	55
20	53	53	57	54	53	30	57	54	56	54	55

1. จงหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart และสรุปผลที่ได้
2. ถ้าขอบเขตที่กำหนดเป็น 54 ± 4 กำหนด $\bar{X}' = 54$, $\sigma' = 1.75$ จงหาว่าสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน มีกี่ %
3. เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการ และความผันแปรของกระบวนการ เป็นค่าที่ได้จากข้อ 1 จงหาว่า มีสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานกี่เปอร์เซนต์

12. จากแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ chart ได้พิกัดควบคุม คือ UCL = 129, CL = 125, LCL = 121

1. ถ้าขอบเขตที่กำหนดเป็น 127 ± 8 มีกี่ % ที่สินค้าที่ผลิตออกมา อยู่นอกขอบเขตที่กำหนด เมื่อถือว่า สินค้าแต่ละชิ้นที่ผลิตได้มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ถ้าค่า $\bar{X}'$ เปลี่ยนแปลงไปโดยที่ σ' ไม่เปลี่ยนแปลง ค่า $\bar{X}'$ จะมีค่าเท่าไร จึงจะทำให้เปอร์เซนต์ของสินค้าที่อยู่นอกขอบเขตที่กำหนดมีค่าต่ำที่สุด
3. จากค่า $\bar{X}'$ ในข้อ 2 มีสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานกี่ %

13. ในการผลิตลูกสูบให้ได้มาตรฐาน โดยมีขอบเขตที่กำหนด 1.007 ± 0.013 นิ้ว สุ่มตัวอย่าง 25 ตัวอย่างๆ ละ 5 ชิ้น ได้ค่าเฉลี่ย และพิสัยของแต่ละตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ย (นิ้ว)	พิสัย (นิ้ว)	ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ย (นิ้ว)	พิสัย (นิ้ว)
1	0.9992	0.005	11	1.0034	0.008
2	1.0046	0.004	12	1.0026	0.012
3	0.9988	0.009	13	0.9968	0.020
4	0.0064	0.008	14	0.9980	0.004
5	1.0016	0.006	15	0.9988	0.008
6	0.9996	0.006	16	1.0006	0.007
7	1.0048	0.007	17	1.0034	0.009
8	1.0044	0.010	18	0.9970	0.010
9	1.0006	0.003	19	1.0108	0.011
10	0.9970	0.005	20	1.0040	0.005

ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ย (นิ้ว)	พิสัย (นิ้ว)	ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ย (นิ้ว)	พิสัย (นิ้ว)
21	0.9970	0.005	24	1.0020	0.010
22	0.9998	0.011	25	1.0014	0.006
23	0.9976	0 015			

1. จงหาพิกัดควบคุม ของ $\bar{X}$ chart และ R chart พร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่
2. ถ้ากระบวนการอยู่นอกการควบคุม จงหาพิกัดควบคุมที่สามารถใช้ในการผลิตต่อไปพร้อมทั้งค่าประมาณ $\bar{X}'$ และ σ'
3. เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม จงประมาณเปอร์เซนต์ของลูกสูบที่ไม่ได้มาตรฐาน

14. เก็บตัวอย่างตะปูที่มีความยาว 3/4 นิ้ว จากเครื่องจักรมา 20 ครั้งๆ ละ 4 อัน วัดความยาวของตะปูแต่ละอัน เป็นมิลลิเมตร คำนวณหาค่าเฉลี่ย พิสัย ของแต่ละครั้ง ได้ค่าดังนี้

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\bar{X}$	20.60	20.69	20.62	20.66	20.71	20.70	20.68	20.64	20.63	20.70
R	0.12	0.15	0.09	0.21	0.18	0.14	0.15	0.10	0.08	0.25
ครั้งที่	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
$\bar{X}$	20.68	20.58	20.63	20.71	20.65	20.72	20.69	20.74	20.68	20.69
R	0.19	0.17	0.18	0.24	0.20	0.15	0.12	0.17	0.21	0.10

1. จงหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart และ R chart

2. ถ้าขอบเขตที่กำหนดเป็น 20.50 ± 0.20 มิลลิเมตร ถ้าตะปูที่มีความยาวเกิน USL จะต้องนำไปตัดใหม่ เป็นสินค้าชนิด rework และตะปูที่มีความยาวน้อยกว่า LSL เป็นสินค้าชนิด scrap จงหาว่ามีกี่ % ที่เป็นตะปูประเภท rework และมีกี่ % ที่เป็นตะปูประเภท scrap

15. จากการเก็บตัวอย่างน้ำหนักจารบี 10 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	ขนาดตัวอย่าง	σ
1	35.1	50	5.35
2	34.6	50	4.73
3	33.2	50	3.73
4	34.8	50	4.55
5	33.4	50	4.00
6	33.9	50	4.30
7	34.4	50	4.98
8	33.0	50	5.30
9	32.8	50	3.29
10	34.8	50	3.77
รวม	340.0	500	44.0
เฉลี่ย	34		4.4

จงเขียนแผนภูมิควบคุม พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้

16. เก็บตัวอย่างจากลอต ศึกษาเกี่ยวกับแรงพินาศลวดเหล็กเกลียว ได้ข้อมูลดังนี้

ลอต	แรงพินาศ				$\bar{X}$	σ	R
	X_1	X_2	X_3	X_4			
1	7490	7535	7455	7480	7490	28.94	80
2	6550	6495	6425	6465	6580.75	31.90	85
3	6995	6995	6970	6880	6960	47.30	115
4	7045	7060	7095	7035	7058.75	22.74	60
5	6715	6740	6780	6720	6738.75	25.59	65
6	6585	6630	6675	6645	6633.75	32.48	90
7	6600	6590	6610	6650	6612.5	22.78	60
8	6655	6670	6630	6660	6656.25	15.56	40
9	6440	6425	6460	6470	6448.75	17.46	45
10	6660	6630	6605	6625	6630	19.69	55
เฉลี่ย					6773.75	26.44	69.5

จงเขียนแผนภูมิควบคุม พร้อมทั้งสรุปผล

17. โรงงานแห่งหนึ่ง เก็บข้อมูลมา 25 ตัวอย่างๆ ละ 6 ชิ้น ได้ค่าดังนี้

ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	R	σ
1	35.7	11.7	4.60
2	36.4	13.0	5.15
3	33.2	13.2	5.20
4	35.2	11.4	4.50
5	35.0	12.0	4.75
6	32.7	10.2	4.10
7	34.4	13.3	5.25
8	33.8	14.3	5.65
9	35.6	12.8	5.10
10	35.9	12.4	4.80
11	34.0	12.3	4.85
12	37.1	12.8	5.05
13	35.3	10.7	4.25
14	34.9	14.5	5.75
15	34.0	10.2	4.00
16	35.6	10.6	5.35
17	36.2	9.9	3.90

ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	R	σ
18	35.2	13.8	3.90
19	35.0	13.2	5.20
20	35.1	15.0	6.00
21	34.4	12.8	5.05
22	33.9	11.9	4.70
23	35.0	10.9	4.35
24	35.8	12.9	5.10
25	36.1	13.7	5.40
Totals	875.5	312.5	123.50

1. ถ้า $\sigma' = 5.10$ จงหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart, R chart และ σ chart
2. กรณีไม่ทราบค่า σ' จงหาพิกัดควบคุมของ $\bar{X}$ chart, R chart และ σ chart โดยประมาณค่า σ' จากค่า $\bar{R}$
3. ต้องการทราบค่าแกนกลาง และพิกัดควบคุมบน-ล่างของ R chart ถ้ากำหนดความน่าจะเป็นที่ค่า R ตกนอกพิกัดควบคุมแต่ละข้างเท่ากับ 0.01

18. โรงงานผลิตมาการีนแห่งหนึ่ง ระบุน้ำหนักมาการีนสุทธิไว้บนกระป๋องหนัก 250 กรัม โรงงานกำหนด Specification Limit 247-253 กรัม โรงงานต้องการทำ $\bar{X}$ chart จึงสุ่มมาการีนมาตัวอย่างละ 5 กระป๋อง หาค่าน้ำหนักถัวเฉลี่ยได้ดังนี้

ตัวอย่างที่	น้ำหนักมาการีน (กรัม)	ตัวอย่างที่	น้ำหนักมาการีน (กรัม)
1	252	13	249
2	251	14	251
3	253	15	252
4	250	16	250
5	251	17	250
6	252	18	251
7	251	19	249
8	252	20	249
9	250	21	252
10	251	22	249
11	251	23	250
12	252	24	251

1. จงหาพิกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{X}$ chart พร้อมทั้งพิจารณาว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่
2. จงใช้ run test ทดสอบว่า มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ยหรือไม่
3. จงวิจารณ์ว่า สภาพของการผลิตในขณะนี้ ควรใช้ Control Chart หรือไม่ ถ้าควรใช้ อยากทราบว่า ควรสุ่มตัวอย่างบ่อยหรือไม่