کنترل آماری فرایند

- پس از جنگ جهانی دوم، ادواردز دمینگ برای هدایت شرکت های ژاپنی در زمینه بهبود قابلیت اطمینان کالاها به این کشور دعوت شد.
- او در کشور ژاپن دوره های آموزشی متعددی در حوزه بهبود کیفیت برگزار کرد و این منجر به انقلاب جهانی کیفیت شد.
- عموم این دوره ها مبتنی بر کنترل کیفیت آماری(Statistical Quality Control) انجام می گرفت.
- یک موضوع اصلی در کنترل کیفیت آماری، کنترل آماری فرایند (Statistical Process Control) یا (SPC) است.

کنترل آماری فرایند

- کنترل آماری فرایند:
  - یک رویه آماری است که با استفاده از نمودارهای کنترلی بر روی اینکه آیا یک بخش از یک فرایند تولیدی به خوبی کار نمی کند و می تواند منجر به کیفیت پایین شود، نظارت می کند.
  - به عبارت دیگر پایش فرایند تولید برای کشف و جلوگیری از کیفیت پایین است.
  - فرایند تولید بررسی و اندازه گیری می کند تا ببیند که آیا از آنچه باید انجام می داد انحراف پیدا کرده است یا خیر.
- در اکثر شرکت ها دلیل اصلی شکست در رسیدن به کیفیت بالا، فقدان یک برنامه یادگیری جامع برای کارکنان در زمینه روش های SPC است.
- عموم شرکت های موفق آمریکایی در حوزه مدیریت کیفیت با آموزش کارکنان در زمینه روش های SPC و استفاده گسترده از آن به سمت بهبود مستمر فرایند حرکت می کنند.

مبانی کنترل کیفیت آماری

- نمونه (Sample):
  - یک زیر مجموعه از اقلام تولید شده برای استفاده در بازرسی
  - می تواند یک قلم یا گروهی از اقلام باشد
- کنترل فرایند از طریق نمونه برداری دوره ای (Periodic Sampling) از فرایند و ترسیم نقاط نمونه بر روی یک نمودار (Chart) است تا بتوان دید که آیا فرایند در حدود کنترل آماری هست یا خیر.
- اگر نمونه داخل حدود کنترل باشد، فرایند ادامه می یابد و اگر خارج از آن باشد برای اصلاح فرایند اقدام می شود
- به این ترتیب SPC با اصلاح فرایند پیش از تولید کالاهای معیوب از بروز مشکلات کیفیتی جلوگیری می کند.

مبانی کنترل کیفیت آماری

- دو نوع بروز تغییر و خطا در فرایند:
  - اتفاقی:
    - نهفته در یک فرایند
    - به علت بکارگیری تجهیزات، ماشین آلات، مهندسی، کارگر و حتی سیستم مورد استفاده برای اندازه گیری بوده
    - ناشی از اتفاقات طبیعی است.
  - غیراتفاقی:
    - دارای علت منحصر به فرد و خاص می باشد
    - قابل شناسایی بوده و و قابل اصلاح هستند.
    - ناشی از تنظیم نبودن تجهیزات، مواد اولیه معیوب، تغییرات در قطعات یا مواد اولیه، ماشین آلات خراب و خستگی کارگران یا روش های کار ضعیف و اشتباهات ناشی از عدم آموزش صحیح

SPC در مدیریت کیفیت

- SPC
  - ابزاری برای شناسایی مشکلات جهت ایجاد بهبود
  - می تواند در هدف مدیریت کیفیت جامع (TQM) که بهبود مستمر است مشارکت کند
- به کمک SPC
  - کارکنان می توانند مشکلات را در حوزه خودشان شناسایی کنند
  - آنها را رفع کنند یا برای رفع آن مشکلات کمک بگیرند
  - به این ترتیب کارکنان در هدف بهبود مستمر و رسیدن به تولید بدون نقص(no defect) مشارکت خواهند کرد.

معیارهای کیفیت: وصفی ها و متغیرها

- کیفیت یک کالا و خدمت می تواند توسط یکی از این دو ارزیابی شود:
  - وصفی (Attribute): ویژگی ای از کالا که می تواند به کمک یک پاسخ گسسته ارزیابی شود (خوب/بد، بله/خیر، قابل قبول/ غیر قابل قبول)
    - رنگ، بافت، تمیزی، بو، مزه
    - مثال از روشن یا خاموش شدن یک لامپ
  - متغیر(Variable): ویژگی ای از کالا که پیوسته می باشد و می تواند اندازه گیری شود.
    - وزن، طول، دما، مدت زمان
    - مثال از میزان حجمی که یک ظرف باید داشته باشد یا مدت زمانی که طول می کشد تا در یک مغازه ساندویچ فروشی خدمت خواسته شده ارائه شود
- ارزیابی متغیر: طبقه بندی کمی
- ارزیابی وصفی: طبقه بندی کیفی

به کار گیری SPC در خدمات

- طبیعت نقص در خدمات با کالاها متفاوت است
- تعریف موتورولا از نقص:
  - یک عدم موفقیت در پاسخ به نیازمندی های مشتریان در کالا یا خدمت
- مدت زمان و میزان رضایت مشتری که از پیمایش ها، پرسشنامه ها و بازرسی ها حاصل می شوند می توانند برای استفاده در نمودارهای کنترل برای فرایندهای خدماتی در نظر گرفته شوند

به کار گیری SPC در خدمات

- مثال ها
- بیمارستان: به موقع بودن و سرعت خدمات، پاسخگویی کارکنان به درخواست ها، دقت نتایج آزمایشگاه، تمیزی، ادب و احترام، میزان کاغذبازی، سرعت پذیرش بیمار و خروج از بیمارستان
- خطوط هوایی: تأخیر در پروازها، بارهای به مقصد نرسیده و نحوه رسیدگی به آن، میزان انتظار در صف برای تحویل بار و گرفتن کارت پرواز، ادب و احترام مأموران و مهمانداران، اطلاعات دقیق پرواز، تمیزی و نگهداری کابین مسافران
- رستوران های فست فود: زمان انتظار برای خدمت، شکایات مشتریان، تمیزی، کیفیت غذا، دقت گرفتن سفارش، ادب و احترام کارکنان
- شرکت های بیمه: دقت قبض دریافت حق بیمه، به موقع بودن فرایند پردازش ادعاهای خسارت

نمودارهای کنترل

- نموداری که حدود کنترل یک فرایند را نمایش می دهد
- حدود کنترل
  - حد بالا و حد پایین در یک نمودار کنترل

نمودار کنترل فرایند



عکس نمودار کنترل (Control Chart)



یک فرایند تحت کنترل است اگر...

۱. هیچ نقطه نمونه ای خارج از حدود کنترل نیست
۲. اکثر نقاط در نزدیکی متوسط فرایند باشند
۳. تقریباً تعداد مساوی از نقاط در بالا و پایین خط مرکزی باشند
۴. نقاط به شکل تصادفی توزیع شده باشند

در کجا از نمودارهای کنترل استفاده می شود

- یک فرایند تمایل به خروج از حدود کنترلی دارد
- یک فرایند در صورت خروج از حدود کنترلی می تواند خطرناک و هزینه آفرین باشد
- مثال ها
  - در زمان آغاز فرایند- شروع یک فرایند با مواد اولیه مشک دار منجر به ضایعات، تلف شدن وقت و پول می شود
  - پیش از یک نقطه پر هزینه یا غیر قابل بازگشت- دوباره کاری اصلاح کالا مشکل است
  - پیش و پس از عملیات مونتاژ یا رنگ کاری که ممکن است نقایص را بپوشاند
  - پیش از تحویل کالا و خدمت نهایی به مشتریان

انواع نمودارهای کنترل

- انواع نمودارها
  - وصفی ها
    - نمودار p (p-Chart)
    - نمودار c (c-Chart)
  - متغیرها
    - میانگین ($\overline{X}-$ Charts)
    - دامنه (R-Chart)

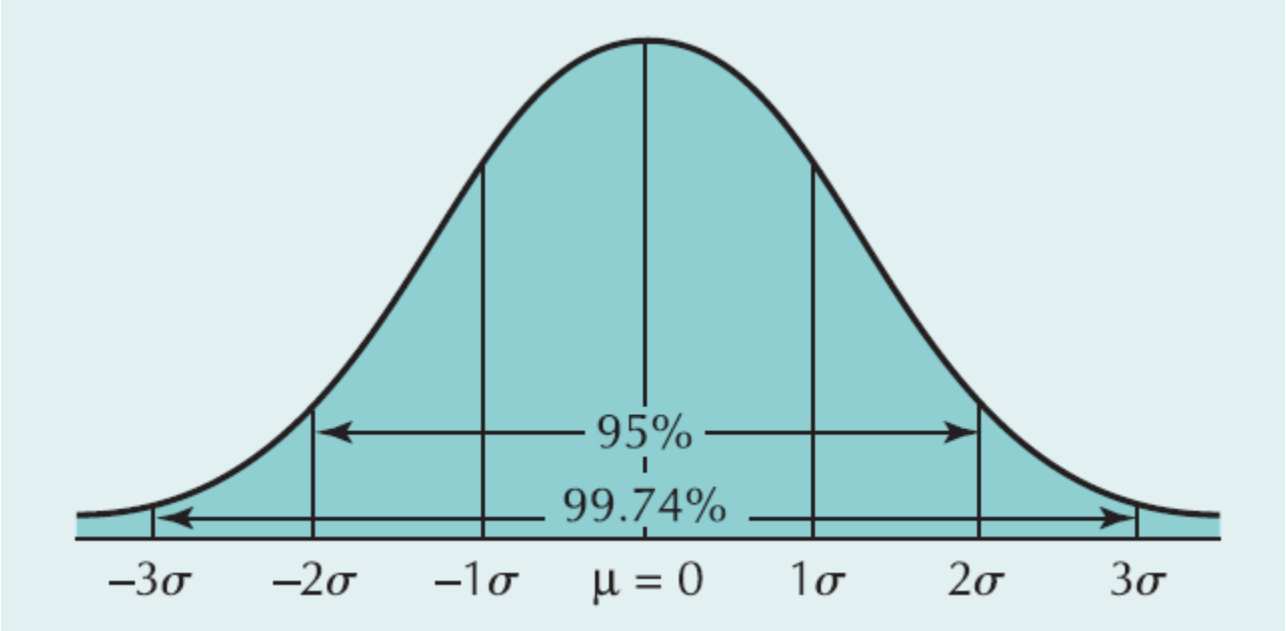
نمودارهای کنترل برای وصفی ها

- p-Chart
  - استفاده از نسبت عیوب در یک نمونه
- c-Chart
  - استفاده از تعداد اقلام معیوب در یک نمونه

نمودار p (p-Chart)

- در این نمودار یک نمونه با n عضو به صورت دوره ای از فرایند تولید یا خدمت گرفته می شود و نسبت اقلام معیوب در نمونه بررسی می شود تا ببینیم که آیا این نسبت داخل حدود کنترل هست یا خیر.
- استفاده از معیار گسسته (تعداد اقلام معیوب)
- فرض می کند که اگر تعداد n به اندازه کافی بزرگ باشد می توان توزیع احتمال نمونه یعنی توزیع احتمال نسبت کالاهای معیوب را توزیع نرمال فرض کرد.

منحنی توزیع نرمال



نمودار p (p-Chart)

$$\text{UCL} = \bar{p} + z\sigma_p$$
$$\text{LCL} = \bar{p} - z\sigma_p$$

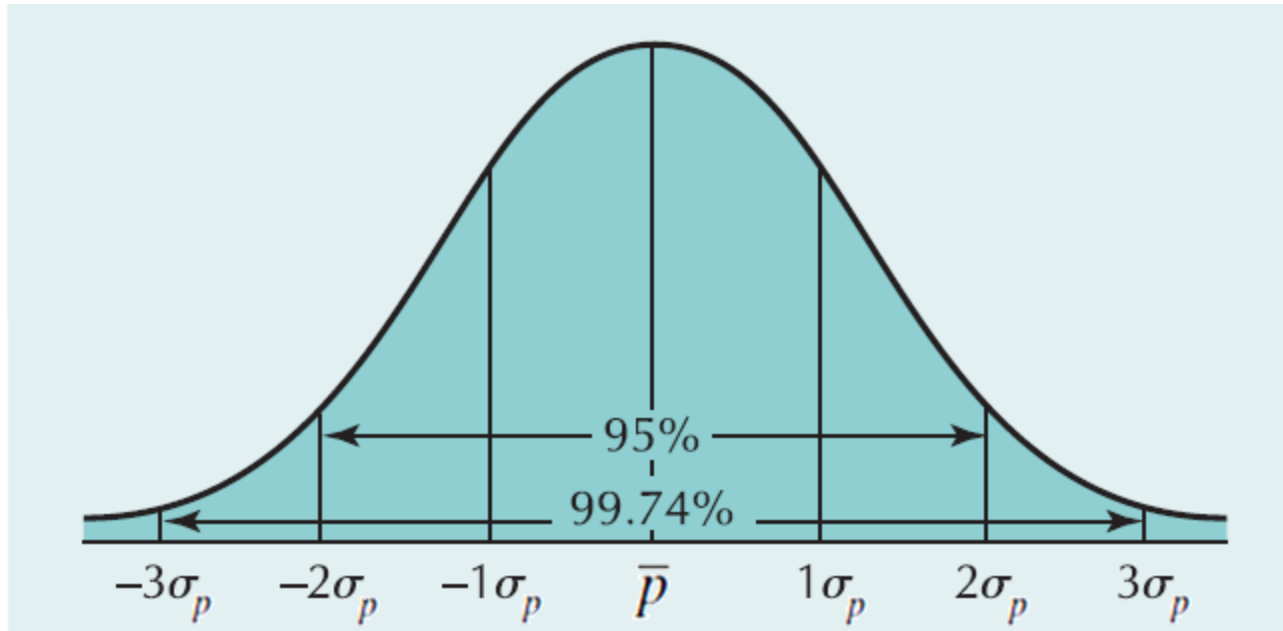
z = تعداد انحراف های استاندارد از میانگین فرایند

$\bar{p}$ = نسبت عیوب نمونه؛ تخمینی از میانگین فرایند

σ_p = انحراف استاندارد نسبت نمونه

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

n اندازه نمونه


95%
99.74%
$-3\sigma_p$
$-2\sigma_p$
$-1\sigma_p$
$\overline{p}$
$1\sigma_p$
$2\sigma_p$
$3\sigma_p$

مثال

The Western Jeans Company produces denim jeans. The company wants to establish a *p*-chart to monitor the production process and maintain high quality. Western believes that approximately 99.74% of the variability in the production process (corresponding to 3-sigma limits, or $z = 3.00$) is random and thus should be within control limits, whereas 0.26% of the process variability is not random and suggests that the process is out of control.

The company has taken 20 samples (one per day for 20 days), each containing 100 pairs of jeans ($n = 100$), and inspected them for defects, the results of which are as follows.

Sample	Number of Defectives	Proportion Defectives
1	6	.06
2	0	.00
3	4	.04
4	10	.10
5	6	.06
6	4	.04
7	12	.12
8	10	.10
9	8	.08
10	10	.10
11	12	.12
12	10	.10
13	14	.14
14	8	.08
15	6	.06
16	16	.16
17	12	.12
18	14	.14
19	20	.20
20	18	.18
	200	

The proportion defective for the population is not known. The company wants to construct a *p*-chart to determine when the production process might be out of control.

حل

Solution

Since p is not known, it can be estimated from the total sample:

$$\bar{p} = \frac{\text{total defectives}}{\text{total sample observations}}$$

$$= \frac{200}{20(100)}$$

$$= 0.10$$

The control limits are computed as follows:

$$\text{UCL} = \bar{p} + z\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

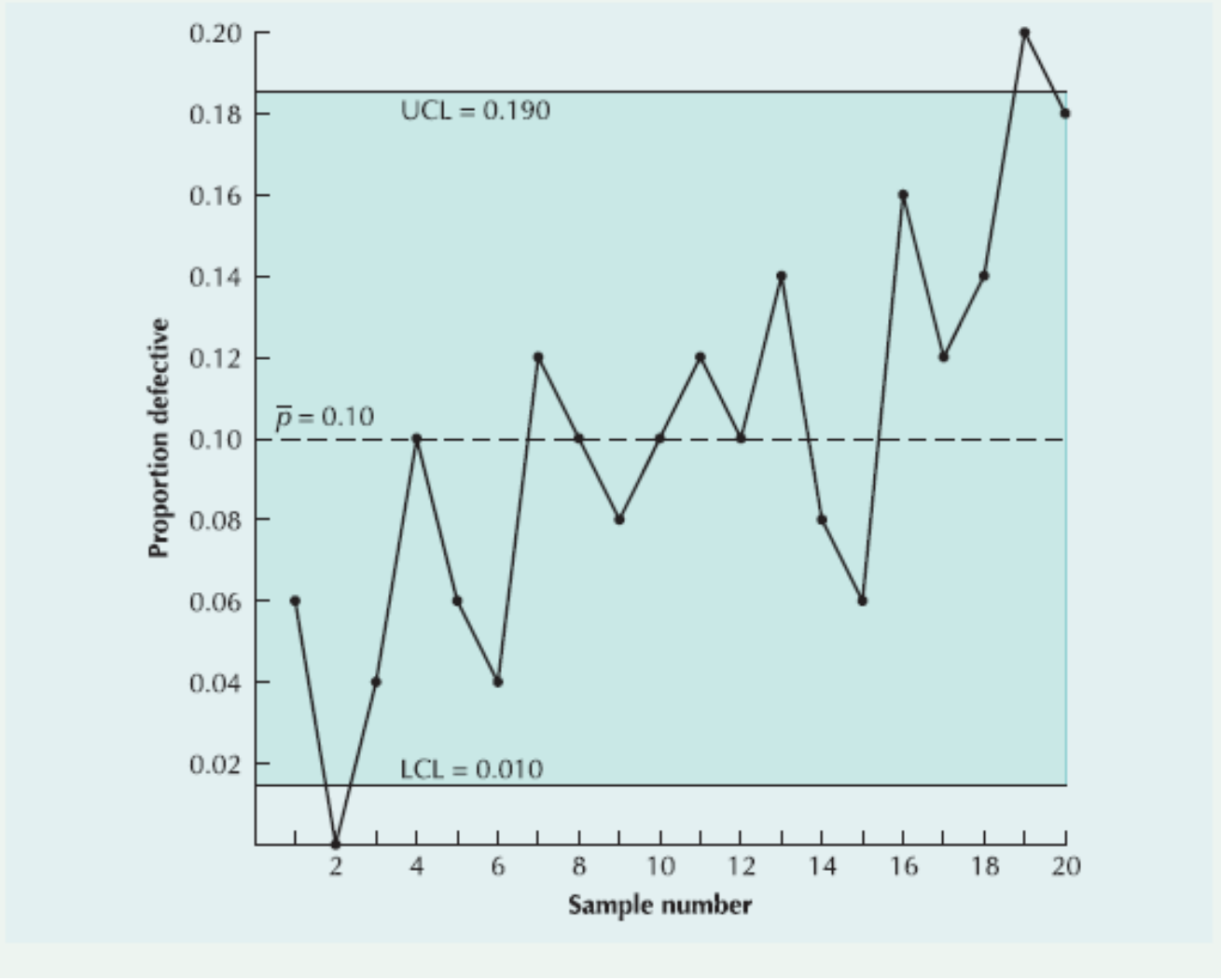
$$= 0.10 + 3.00\sqrt{\frac{0.10(1 - 0.10)}{100}} = 0.190$$

$$\text{LCL} = \bar{p} - z\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$= 0.10 - 3.00\sqrt{\frac{0.10(1 - 0.10)}{100}} = 0.010$$

p-Chart

The *p*-chart, including sample points, is shown in the following figure:



نمودار c (c-Chart)

- زمانیکه نتوان صرفاً به نسبت عیوب نمونه اکتفا کرد و تعداد واقعی کالاهای معیوب باید در نظر گرفته شود.
- مثلاً تعداد نقص ها در یک اتوموبیل

نمودار c (c-Chart)

$\overline{c}$ = با تقسیم کل نقص ها به تعداد نمونه ها محاسبه می شود

$$\sigma_c = \sqrt{\overline{c}}$$

$$\text{UCL} = \overline{c} + z\sigma_c$$

$$\text{LCL} = \overline{c} - z\sigma_c$$

مثال

The Ritz Hotel has 240 rooms. The hotel's housekeeping department is responsible for maintaining the quality of the rooms' appearance and cleanliness. Each individual housekeeper is responsible for an area encompassing 20 rooms. Every room in use is thoroughly cleaned and its supplies, toiletries, and so on are restocked each day. Any defects that the housekeeping staff notice that are not part of the normal housekeeping service are supposed to be reported to hotel maintenance. Every room is briefly inspected each day by a housekeeping supervisor. However, hotel management also conducts inspection tours at random for a detailed, thorough inspection for quality-control purposes. The management inspectors not only check for normal housekeeping service defects like clean sheets, dust, room supplies, room literature, or towels, but also for defects like an inoperative or missing TV remote, poor TV picture quality or reception, defective lamps, a malfunctioning clock, tears or stains in the bedcovers or curtains, or a malfunctioning curtain pull. An inspection sample includes 12 rooms. that is. one room selected at random from each of the twelve 20-room blocks serviced by a housekeeper. Following are the results from 15 inspection samples conducted at random during a one-month period:

Sample	Number of Defects
1	12
2	8
3	16
4	14
5	10
6	11
7	9
8	14
9	13
10	15
11	12
12	10
13	14
14	17
15	15
	190

The hotel believes that approximately 99% of the defects (corresponding to 3-sigma limits) are caused by natural, random variations in the housekeeping and room maintenance service, with 1% caused by nonrandom variability. They want to construct a *c*-chart to monitor the housekeeping service.

حل

Solution

Because c, the population process average, is not known, the sample estimate, $\bar{c}$, can be used instead:

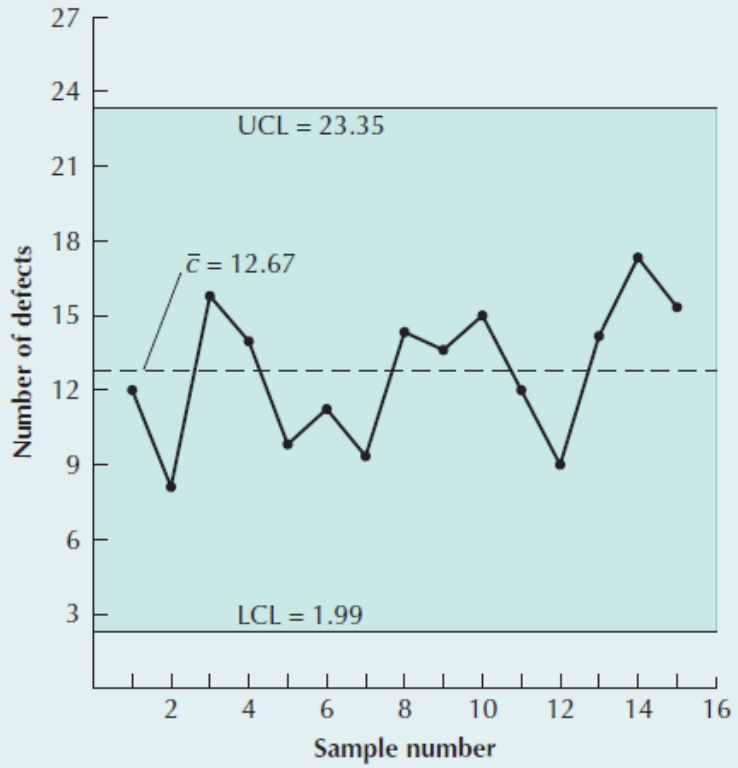
$$\bar{c} = \frac{190}{15} = 12.67$$

The control limits are computed using $z = 3.00$, as follows:

$$\text{UCL} = \bar{c} + z\sqrt{\bar{c}} = 12.67 + 3\sqrt{12.67} = 23.35$$

$$\text{LCL} = \bar{c} - z\sqrt{\bar{c}} = 12.67 - 3\sqrt{12.67} = 1.99$$

The resulting c-chart, with the sample points, is shown in the following figure:



نمودارهای کنترل برای متغیرها

- نمودارهای کنترل متغیر برای متغیرهای پیوسته قابل اندازه گیری است. مانند وزن و حجم و ...ا
- نمودار میانگین ($\overline{X}$ – Charts)
  - استفاده از میزان پراکندگی در یک نمونه
- نمودار دامنه (R-Chart)
  - استفاده از متوسط فرایند در یک نمونه

نمودار میانگین ($\bar{X}$ – Charts)

- در این نمودار در هر بار نمونه گیری از فرایند میانگین محاسبه شده و بر روی نمودار تصویر می شود
- معمولاً تعداد این نمونه ها پایین و در حد ۴ تا ۵ نمونه در نظر گرفته می شود
- خط مرکزی نمودار کنترل متوسط کل فرایند یا به عبارت دیگر میانگین میانگین های نمونه ها می باشد
- این نمودار بر مبنای توزیع نرمال است.
- به دو راه ساخته می شود:
  - میزان انحراف استاندارد معلوم
    - استفاده از فرمول های انحراف استاندارد
  - میزان انحراف استاندارد نامعلوم
    - استفاده از جدول ارزش ها

نمودار میانگین ($\bar{X}$ – Charts)

- میزان انحراف استاندارد معلوم

$$\bar{\bar{x}} = \text{متوسط فرایند} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \cdots + \bar{x}_n}{k}$$

$$\text{UCL} = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}}$$

$$\text{LCL} = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}}$$

$\sigma =$ انحراف استاندارد فرایند

$\sigma_{\bar{x}} =$ انحراف استاندارد از میانگین های نمونه ها $= \sigma/\sqrt{k}$

$k =$ تعداد نمونه ها

$n =$ حجم نمونه (تعداد مشاهدات در هر زیر گروه)

مثال

The Goliath Tool Company produces slip-ring bearings, which look like flat doughnuts or washers. They fit around shafts or rods, such as drive shafts in machinery or motors. At an early stage in the production process for a particular slip-ring bearing, the outside diameter of the bearing is measured. Employees have taken 10 samples (during a 10-day period) of 5 slip-ring bearings and measured the diameter of the bearings. The individual observations from each sample (or subgroup) are shown as follows:

	Observations (Slip-Ring Diameter, cm), *n*					
Subgroup *k*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	$\bar{x}$
1	5.02	5.01	4.94	4.99	4.96	4.98
2	5.01	5.03	5.07	4.95	4.96	5.00
3	4.99	5.00	4.93	4.92	4.99	4.97
4	5.03	4.91	5.01	4.98	4.89	4.96
5	4.95	4.92	5.03	5.05	5.01	4.99
6	4.97	5.06	5.06	4.96	5.03	5.01
7	5.05	5.01	5.10	4.96	4.99	5.02
8	5.09	5.10	5.00	4.99	5.08	5.05
9	5.14	5.10	4.99	5.08	5.09	5.08
10	5.01	4.98	5.08	5.07	4.99	5.03
						50.09

From past historical data it is known that the process standard deviation is .08. The company wants to develop a control chart with 3-sigma limits to monitor this process in the future.

مثال

The process average is computed as

$$\bar{\bar{x}} = \frac{50.09}{10} = 5.01$$

The control limits are

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}} \\ &= 5.01 + 3(.08/\sqrt{10}) \\ &= 5.09 \\ \text{LCL} &= \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}} \\ &= 5.01 - 3\left(.08/\sqrt{10}\right) \\ &= 4.93 \end{aligned}$$

None of the sample means ($\bar{x}$) falls outside these control limits, which indicates that the process is *in control* and this is an accurate control chart.

نمودار میانگین ($\bar{X}$ – Charts)

- میزان انحراف استاندارد نا معلوم

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

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

$\bar{\bar{x}}$ = متوسط میانگین های نمونه ها

$\bar{R}$ = متوسط مقدار دامنه

A_2 = مقدار جدولی

جدول

Sample Size n	Factor for $\bar{x}$-Chart A_2	Factors for R-Chart D_3	D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59
21	0.17	0.43	1.58
22	0.17	0.43	1.57
23	0.16	0.44	1.56
24	0.16	0.45	1.55
25	0.15	0.46	1.54

مثال

The Goliath Tool Company desires to develop an $\bar{x}$-chart using table values. The sample data collected for this process with ranges is shown in the following table.

	Observations (Slip-Ring Diameter, cm), *n*						
Sample *k*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	$\bar{x}$	*R*
1	5.02	5.01	4.94	4.99	4.96	4.98	0.08
2	5.01	5.03	5.07	4.95	4.96	5.00	0.12
3	4.99	5.00	4.93	4.92	4.99	4.97	0.08
4	5.03	4.91	5.01	4.98	4.89	4.96	0.14
5	4.95	4.92	5.03	5.05	5.01	4.99	0.13
6	4.97	5.06	5.06	4.96	5.03	5.01	0.10
7	5.05	5.01	5.10	4.96	4.99	5.02	0.14
8	5.09	5.10	5.00	4.99	5.08	5.05	0.11
9	5.14	5.10	4.99	5.08	5.09	5.08	0.15
10	5.01	4.98	5.08	5.07	4.99	5.03	0.10
						50.09	1.15

The company wants to develop an $\bar{x}$-chart to monitor the process.

حل

$\overline{R}$ is computed by first determining the range for each sample by computing the difference between the highest and lowest values as shown in the last column in our table of sample observations. These ranges are summed and then divided by the number of samples, k, as follows:

$$\overline{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{1.15}{10} = 0.115$$

$\overline{\overline{x}}$ is computed as follows:

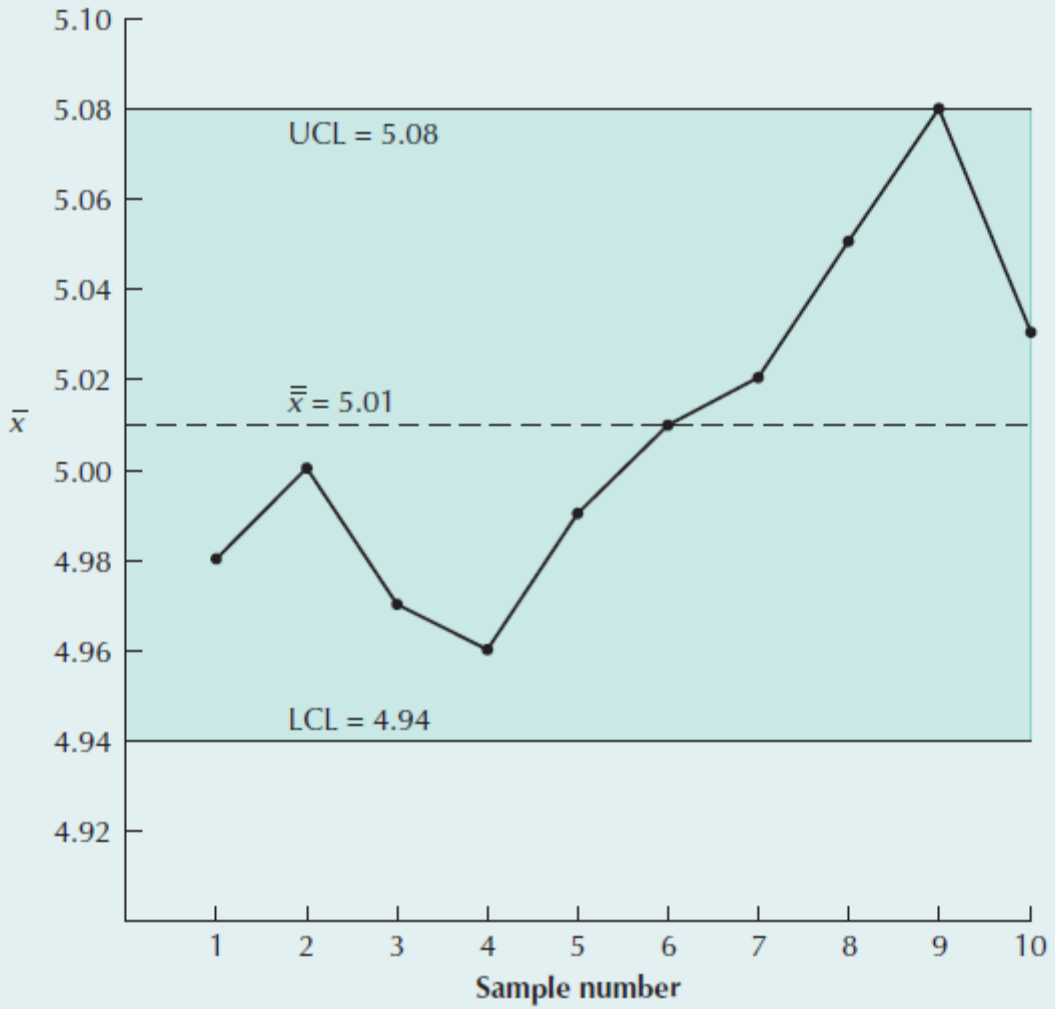
$$\overline{\overline{x}} = \frac{\sum \overline{x}}{10} = \frac{50.09}{10} = 5.01 \text{ cm}$$

Using the value of $A_2 = 0.58$ for $n = 5$ from Table 3.1 and $\overline{R} = 0.115$, we compute the control limits as

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \overline{\overline{x}} + A_2\overline{R} \\ &= 5.01 + (0.58)(0.115) = 5.08 \\ \text{LCL} &= \overline{\overline{x}} - A_2\overline{R} \\ &= 5.01 - (0.58)(0.115) = 4.94 \end{aligned}$$

نمودار

The $\bar{x}$-chart defined by these control limits is shown in the following figure. Notice that the process is on the UCL for sample 9; in fact, samples 4 to 9 show an upward trend. This would suggest that the process variability is subject to nonrandom causes and should be investigated.



نمودار دامنه (R−Charts)

- دامنه برابر است با تفاضل میان کمترین و بیشترین مقادیر در یک نمونه.
- این دامنه نمایانگر میزان تغییرپذیری یک فرایند به جای گرایش آن فرایند به سمت مقدار میانگین است

نمودار دامنه (R – Charts)

$$\mathrm{UCL} = D_4\overline{R}$$

$$\mathrm{LCL} = D_3\overline{R}$$

$$\overline{R} = \frac{\sum R}{k}$$

$R =$ دامنه هر نمونه

$k =$ تعداد نمونه ها (زیر گروه ها)

$D_3 =$ مقدار جدولی

$D_4 =$ مقدار جدولی

جدول

Sample Size n	Factor for $\bar{x}$-Chart A_2	Factors for R-Chart D_3	D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59
21	0.17	0.43	1.58
22	0.17	0.43	1.57
23	0.16	0.44	1.56
24	0.16	0.45	1.55
25	0.15	0.46	1.54

مثال

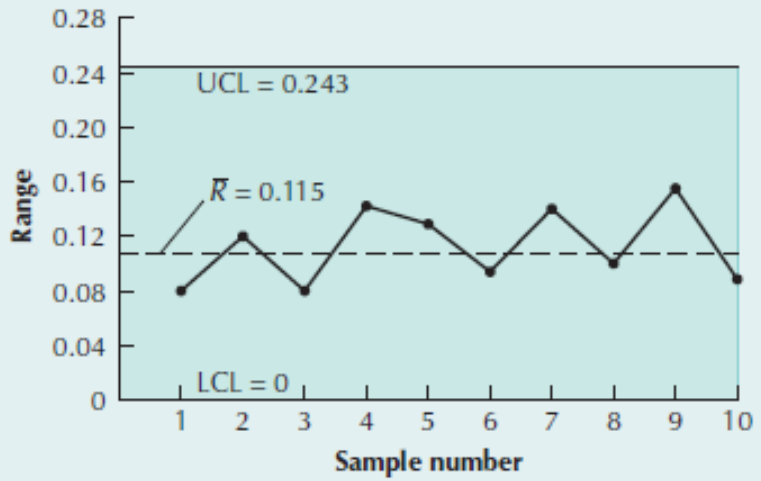
The Goliath Tool Company wants to develop an R-chart to control process variability.

From Example 3.4, $\overline{R} = 0.115$; from Table 3.1 for $n = 5$, $D_3 = 0$ and $D_4 = 2.11$. Thus, the control limits are,

$$\text{UCL} = D_4\overline{R} = 2.11(0.115) = 0.243$$

$$\text{LCL} = D_3\overline{R} = 0(0.115) = 0$$

These limits define the R-chart shown in the following figure. It indicates that the process appears to be in control; any variability observed is a result of natural random occurrences.



This example illustrates the need to employ the R-chart and the $\overline{x}$-chart together. The R-chart in this example suggests that the process is in control, since none of the ranges for the samples are close to the control limits. However, the $\overline{x}$-chart in Example 3.4 suggests that the process is not in control. In fact, the ranges for samples 8 and 10 were relatively narrow, whereas the means for these samples were relatively high. The use of both charts together provided a more complete picture of the overall process variability.

استفاده همزمان از نمودارهای میانگین و بازه

- میانگین فرایند و تغییر پذیری فرایند باید تحت کنترل باشند.
- این امکان وجود دارد که نمونه ها دامنه های بسیار کوچکی داشته باشند اما میانگین آنها از حدود کنترل فراتر برود.
- این امکان وجود دارد که میانگین نمونه ها تحت کنترل باشند اما دامنه آنها بسیار بزرگ بوده و از حدود کنترل فراتر برود.
- این امکان وجود دارد نمودار R نشاندهنده یک روند کاهشی باشد. ممکن است به برخی از علل غیراتفاقی میزان تغییرپذیری در حال کاهش باشد.
  - میزان پایداری آن باید بررسی شود
  - در صورت لزوم حدود کنترل بازنگری شوند

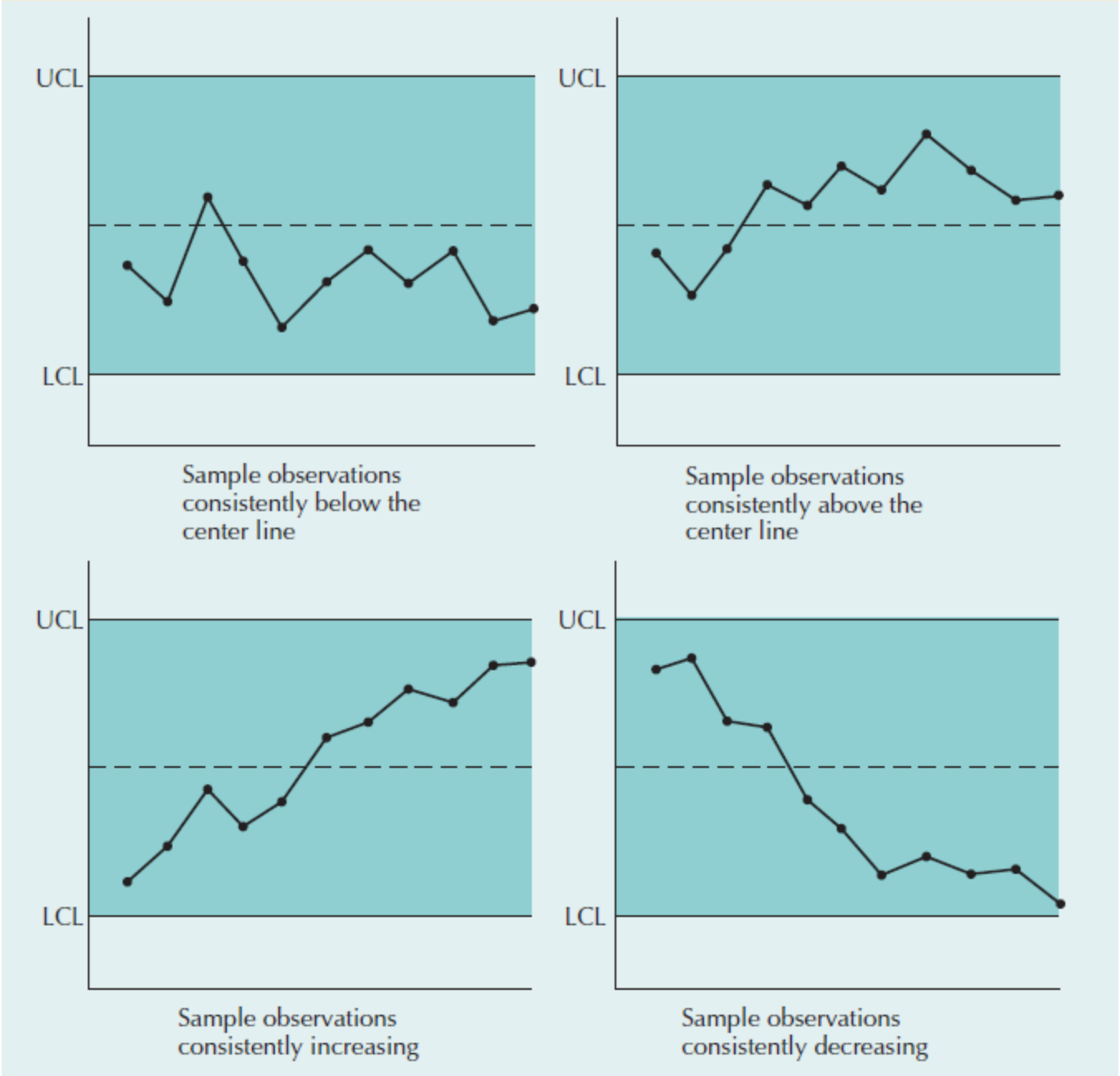
الگوهای نمودار کنترل

- دنباله
  - توالی مشاهداتی از مقادیر نمونه که ویژگی های مشابهی را نمایش می دهند

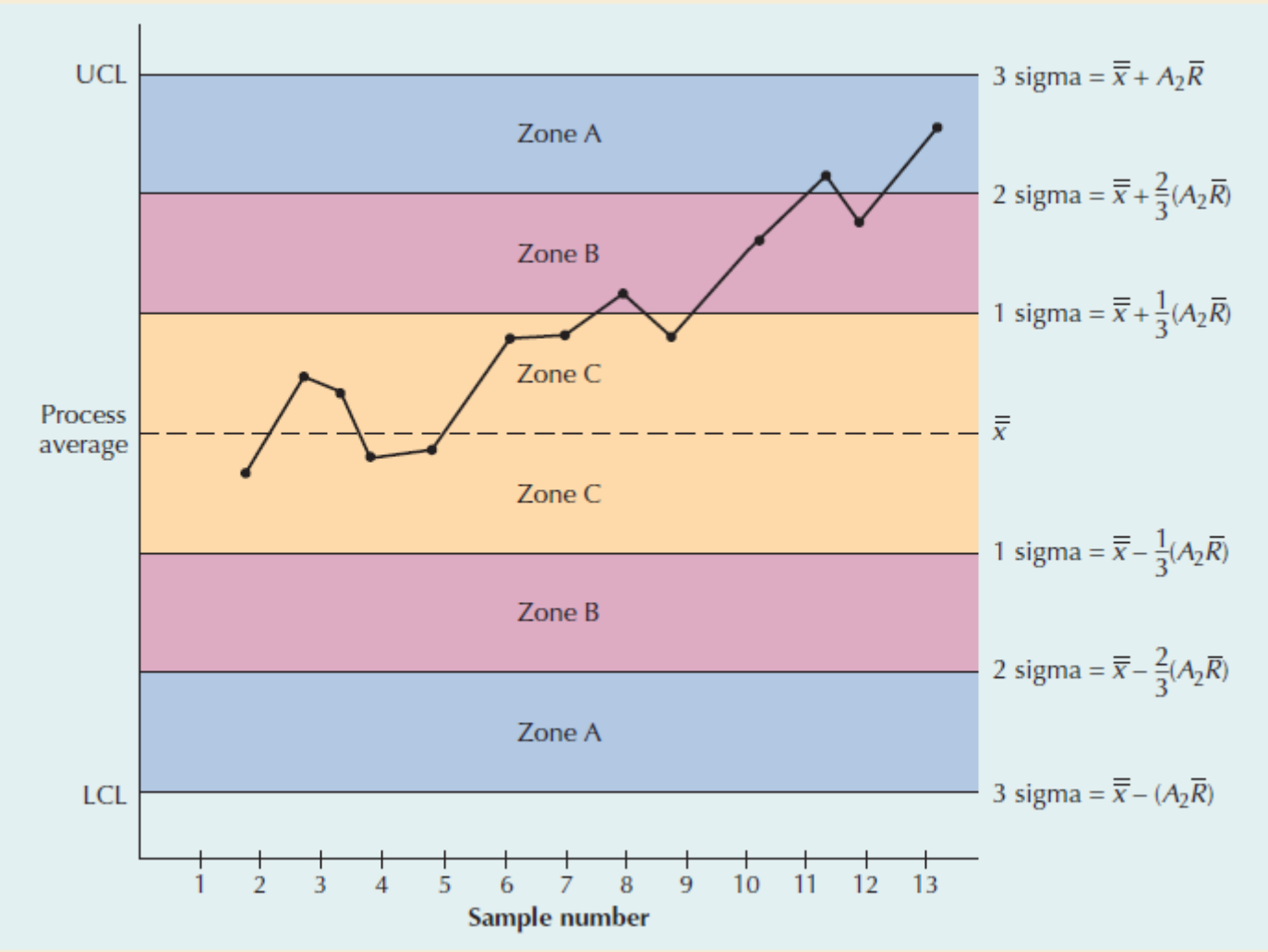
آزمون الگو (Pattern Test)

- آزمون الگو
  - مشخص می کند که آیا مشاهدات داخل حدود نمودار کنترل یک الگوی غیرتصادفی را نمایش می دهند یا خیر
- برای شناسایی یک الگو:
  - ۸ نقطه متوالی در یک طرف خط مرکزی
  - ۸ نقطه متوالی در بالا یا پایین
  - ۱۴ نقطه که پیوسته بالا و پایین می رود
  - ۲ نقطه از ۳ نقطه متوالی در منطقه A (در یک طرف خط مرکزی)
  - ۴ نقطه از ۵ نقطه متوالی در منطقه A و منطقه B (در یک طرف خط مرکزی)

الگوهای نمودار کنترل



منطقه های آزمون الگو



تعیین اندازه نمونه

- نمودارهای خصیصه نیازمند اندازه های بزرگ تر برای نمونه هستند
  - مشاهدات بیشتری برای توسعه یک مقیاس کیفی نیاز است
  - ۵۰ تا ۱۰۰ قطعه در هر نمونه

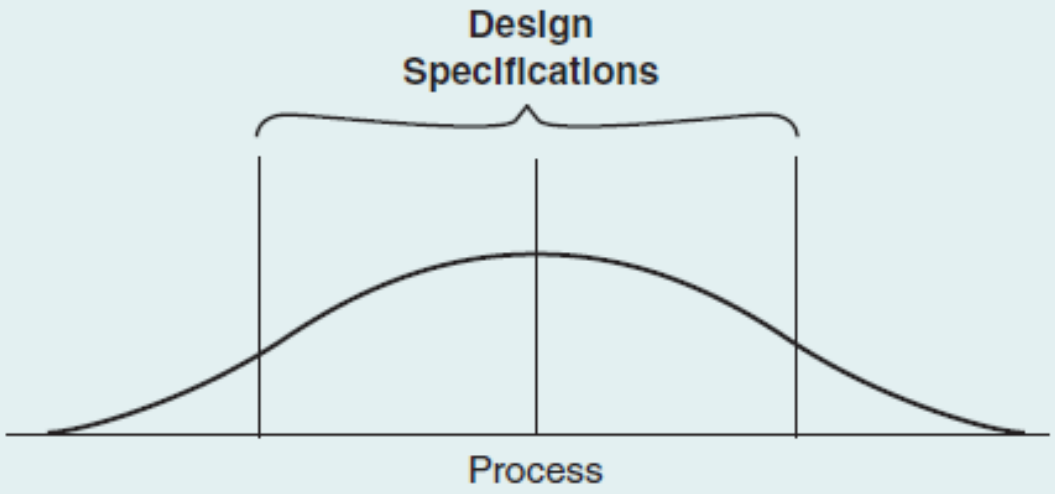
- نمودارهای متغیر نیازمند اندازه های کوچکتر برای نمونه هستند
  - هر مشاهده نمونه اطلاعات مفیدی را فراهم می کند
  - ۲ تا ۱۰ قطعه در هر نمونه
- اندازه نمونه ۲
  - صرفاً اولین و آخرین قلم در تولید انبوه تست می شود
- شیوه نمونه گیری و انتخاب نمونه ها از منابع همگن

توانمندی فرایند

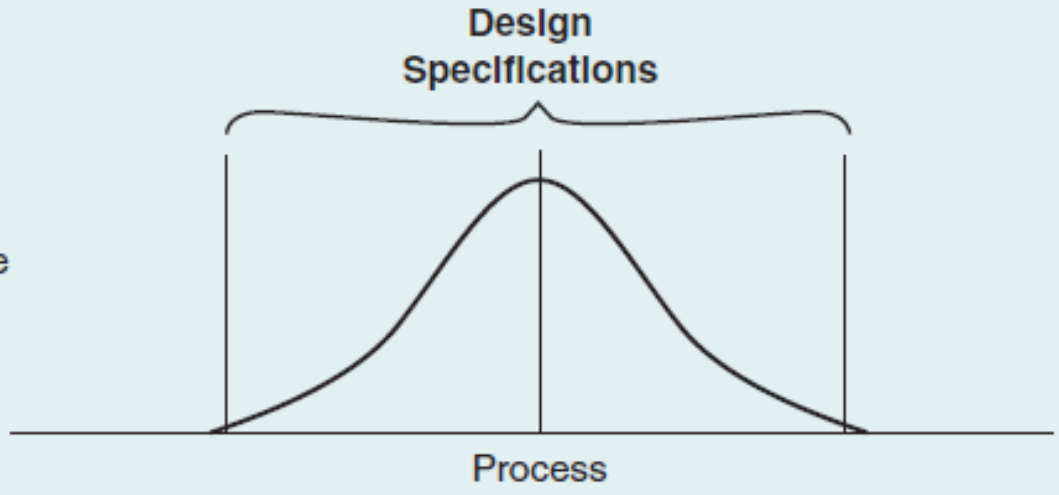
- تلرانس ها (Tolerances)
  - خصوصیات طراحی نماینگر نیازمندی های کالا می باشند
- توانمندی فرایند
  - دامنه تغییر پذیری طبیعی در یک فرایند
  - آنچه ما با نمودارهای کنترل اندازه گیری می کنیم
- سه جزء اصلی مربوط به توانمندی فرایند
  - تغییر پذیری فرایند (دامنه طبیعی تغییر پذیری فرایند)
  - مرکز فرایند (میانگین)
  - مشخصات طراحی

توانمندی فرایند

(*a*) Natural variation exceeds design specifications; process is not capable of meeting specifications all the time.

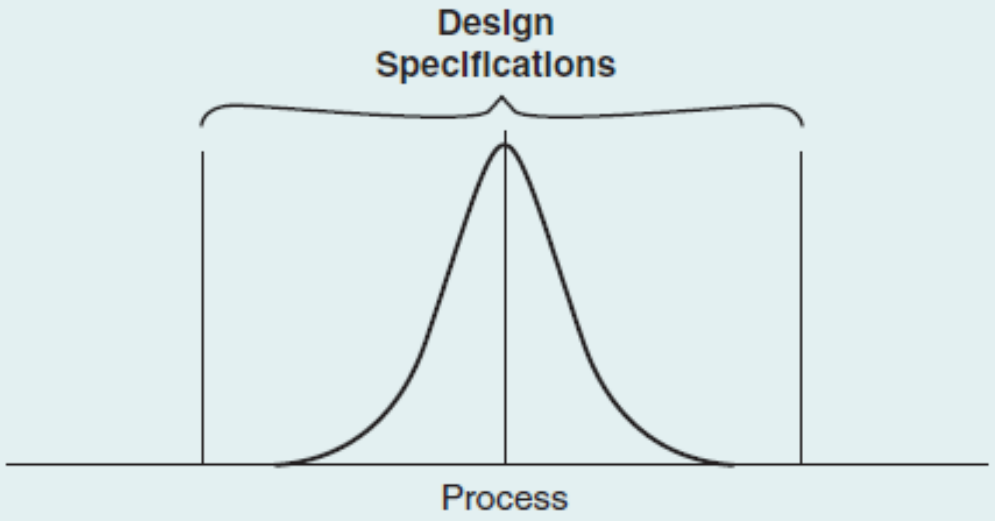


(*b*) Design specifications and natural variation the same; process is capable of meeting specifications most of the time.

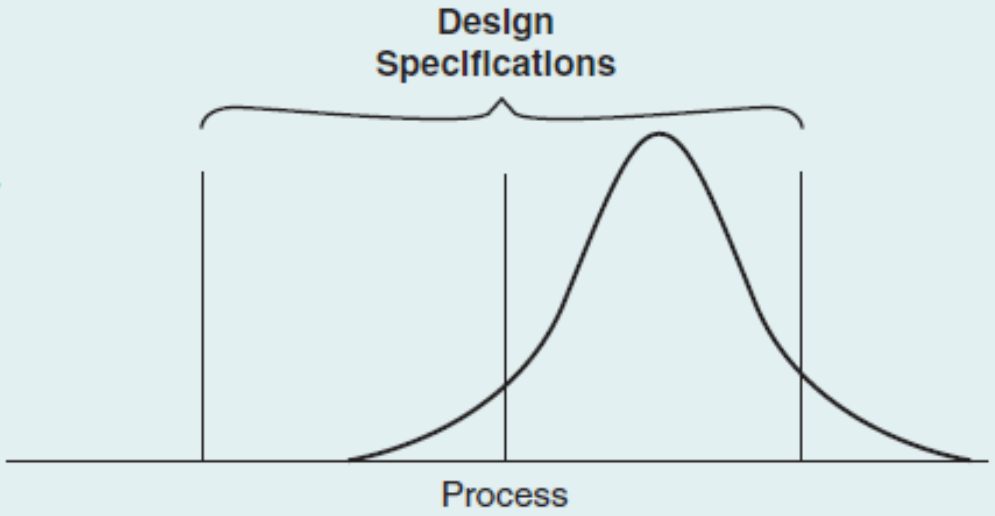


توانمندی فرایند

(*c*) Design specifications greater than natural variation; process is capable of always conforming to specifications.



(*d*) Specifications greater than natural variation, but process off center; capable but some output will not meet upper specification.



معیارهای توانمندی فرایند: نسبت توانمندی فرایند

نسبت توانمندی فرایند

$$C_p = \frac{\text{tolerance range}}{\text{process range}}$$

یا به عبارت دیگر:

$$C_p = \frac{\text{upper specification limit} - \text{lower specification limit}}{6\sigma}$$

مثال

The Munchies Snack Food Company packages potato chips in bags. The net weight of the chips in each bag is designed to be 9.0 oz, with a tolerance of ±0.5 oz. The packaging process results in bags with an average net weight of 8.80 oz and a standard deviation of 0.12 oz. The company wants to determine if the process is capable of meeting design specifications.

Solution

$$C_p = \frac{\text{upper specification limit} - \text{lower specification limit}}{6\sigma}$$

$$= \frac{9.5 - 8.5}{6(0.12)}$$

$$= 1.39$$

Thus, according to this process capability ratio of 1.39, the process is capable of being within design specifications.

معیارهای توانمندی فرایند: شاخص توانمندی فرایند

$$C_{pk} = \text{minimum}\left[\frac{\bar{\bar{x}} - \text{lower specification}}{3\sigma}, \frac{\text{upper specification} - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}\right]$$

مثال

Recall that the Munchies Snack Food Company packaged potato chips in a process designed for 9.0 oz of chips with a tolerance of ±0.5 oz. The packaging process had a process mean ($\bar{\bar{x}}$) of 8.80 oz and a standard deviation of 0.12 oz. The company wants to determine if the process is capable, and if the process mean is on or off center.

$$C_{pk} = \text{minimum}\left[\frac{\bar{\bar{x}} - \text{lower specification}}{3\sigma}, \frac{\text{upper specification} - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}\right]$$

$$= \text{minimum}\left[\frac{8.80 - 8.50}{3(0.12)}, \frac{9.5 - 8.80}{3(0.12)}\right]$$

$$= \text{minimum}\,[0.83, 1.94]$$

$$= 0.83$$

Although the C_p of 1.39 computed in Example 3.7 indicated that the process is capable (it is within the design specifications), the C_{pk} value of 0.83 indicates the process mean is off center. It has shifted toward the lower specifications limit; that means underweight packages of chips will be produced. Thus, the company needs to take action to correct the process and bring the process mean back toward the design target.

خلاصه مطالب

- مفاهیم کنترل آماری فرایند و ارتباط آن با کنترل کیفیت آماری و بحث مدیریت کیفیت جامع
- معیارهای کیفی و کمی کیفیت یعنی وصفی ها و متغیرها
- نمودارهای کنترل وصفی ها
- نمودارهای کنترل متغیرها
- الگو ها و نحوه آزمون الگو ها در نمودارهای کنترل
- توانمندی فرایند و شاخص های آن