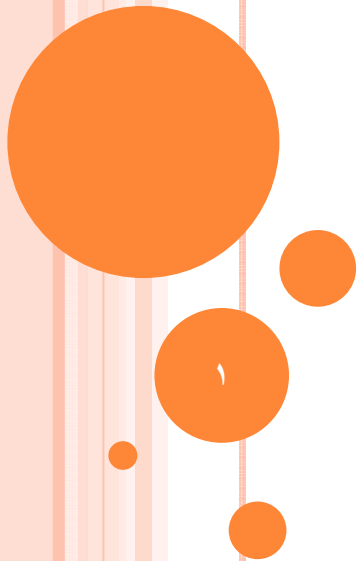


دوره آموزشی کنترل آماری فرآیند
SPC

طیبه محسنی



سر فصلهای دوره آموزشی SPC

- SPC چیست ؟

- ابزار هفتگانه کنترل آماری فرآیند

- انواع تغییرات در فرآیند

- توابع توزیع احتمال

- نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های متغیر و وصفی

- توانایی فرآیند

C_p , C_{pk} , C_{pu} , C_{pl} , C_{pm} , C_{pmk} , PP , PP_k

- شاخص های توانایی ماشین : C_{mk} , C_m

- نمودارهای کنترل ویژه

(نمودارهای کنترل برای تولیدات کوتاه مدت - نمودارهای پیش کنترلی)

معرفی ابزارهای هفتگانه

۱- برگه ثبت داده ها

۵- نمودار تمرکز نقصها

۲- هیستوگرام

۶- نمودار پراکندگی

۳- نمودار پاراتو

۷- نمودار کنترل

۴- نمودار علت و معلول

SPC یک روش نظام مند برای حل مشکل و یا ایجاد بهبود در فرآیند و تحت کنترل درآوردن فرآیندها به نحوی است که بتوان از کیفیت خروجی فرآیند اطمینان حاصل کرد.

برای حل هر نوع مشکلی لازم است گامهایی طی شود که SPC با ارائه هفت ابزار کیفیت، به اجرای بهینه هر گام کمک می‌کند.

روش حل مسئله :

- 1- شناخت مشکلات موجود
 - 2- اولویت بندی جهت رفع مشکل (ایجاد بهبود) و انتخاب پروژه بهبود
 - 3- شناخت دقیق وضعیت موجود در رابطه با پروژه حل مسئله / بهبود
 - 4- تحلیل وضعیت فعلی
- حدس زدن علل بروز مشکل
- مشخص کردن و تصدیق علت‌های ریشه‌ای
- 5- اقدام اصلاحی و ایجاد بهبود یا رفع مشکل
 - 6- حفظ و کنترل وضعیت بهبود یافته

توضیح: گام‌های فوق طبق روش خاصی نامگذاری نشده است و صرفاً یک توالی منطقی برای حل مسئله می‌باشد.

تشریح گامها و معرفی ابزارهای لازم :

۱- شناخت مشکلات موجود : برای هر سازمانی بایستی شاخصهای اساسی و حیاتی آن مانند هزینه‌های کیفیت، PPM نزد مشتری، PPM داخلی، درصد ضایعات و ... مشخص باشد. معمولاً سازمان‌ها (هرچند بدون دانستن عدد دقیق) از مهمترین مشکلات خود مطلع می‌باشند.

در مورد شناخت مشکلات موجود SPC ابزاری معرفی ننموده و پیش فرض این روش این است که مشکلات عمده سازمان مشخص می‌باشند.

سؤال ۱ : در مورد سازمان خود و یا شرکتهای مرتبط چه شاخصهائی را جهت بررسی پیشنهاد می‌نمایید.

سؤال ۲: عنوان یک پروژه جهت بهبود وضعیت شاخص سؤال ۱ را بطور دقیق و کامل بنویسید

اولویت بندی

محصول	PPM	قیمت	دفعات تکرار عیب	توضیح
A	50,000	45,000	1	ایمنی
B	5,000	20,000	17	
C	10,000	2,500	25	
D	500	150,000	4	ایمنی
E	500	100	5	ایمنی
F	20,000	12,000	8	

– اولویت بندی و انتخاب پروژه :

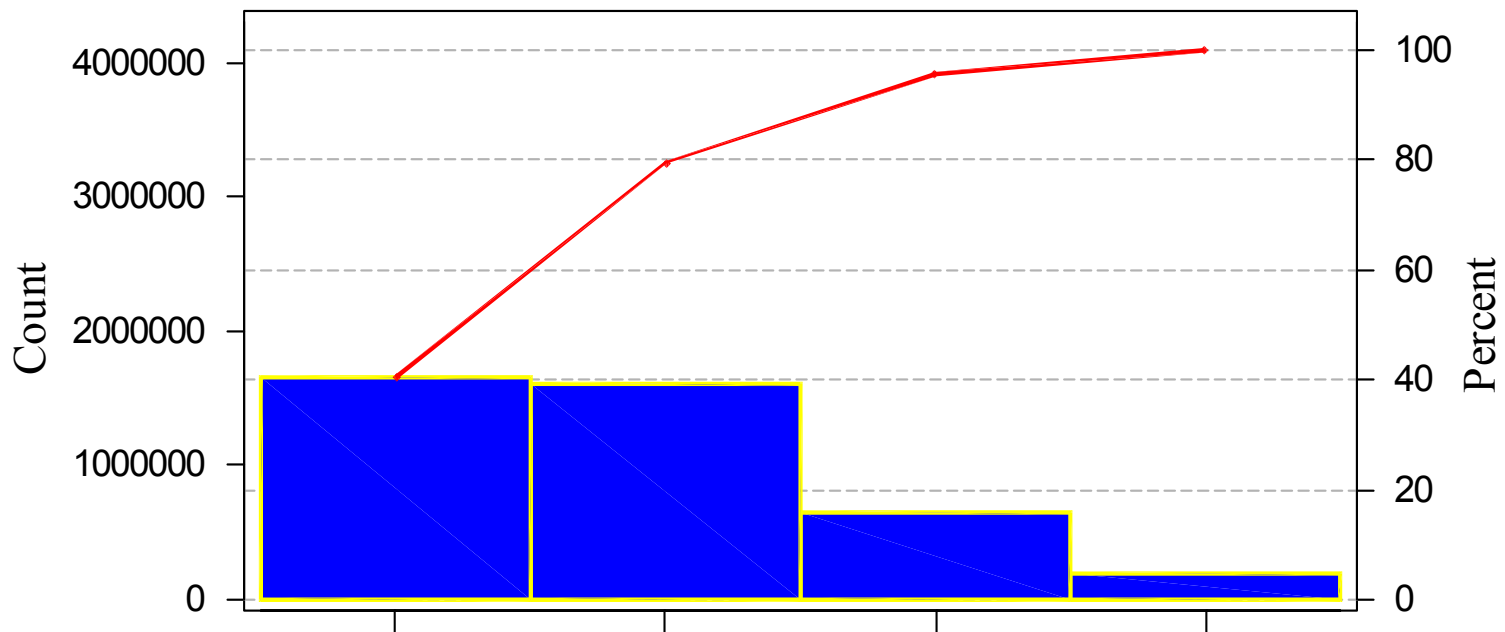
چنانچه مشکلی اساسی کاملاً مشخص باشد وارد مرحله بعدی می‌شویم و در غیراینصورت از یکی از کارآمدترین ابزارهای SPC بنام نمودار پارتو استفاده می‌نمائیم. این نمودار براساس اصلی که ویلفرد پارتو در اقتصاد بیان کرد که “ ۸۰ درصد نتایج و مسائل از ۲۰ درصد علل ناشی می‌شوند ” نامگذاری شده است. این نمودار جهت “ غربال کردن ” مشکلات استفاده می‌شود

برای ترسیم نمودار پارتو در محور افقی مشکلات یا علل مختلفی که می‌خواهیم از بین آنها یک یا چند مشکل یا علت را انتخاب نماییم و در محور عمودی شاخص اهمیت مشکل را درج می‌نماییم.

برای مثال کارخانه‌ای که ۶۰ نوع محصول مختلف دارد و پروژه‌ای با هدف کاهش هزینه ناشی از برگشتیها تعریف نموده است بایستی در محور افقی نام ۶۰ محصول و در محور عمودی هزینه‌ی ناشی از برگشتی‌های هر یک از محصولات را درج نماید و این محصولات براساس هزینه برگشتی‌ها به ترتیب نزولی مرتب می‌شوند. معمولاً ۲۰٪ محصولات اولیه این لیست (پرهزینه‌ترین محصولات) ۸۰٪ هزینه‌ها را موجب می‌گردند.

نمودار پاراتو

۸۰ درصد نتایج و مسائل از ۲۰ درصد علل ناشی می شود.

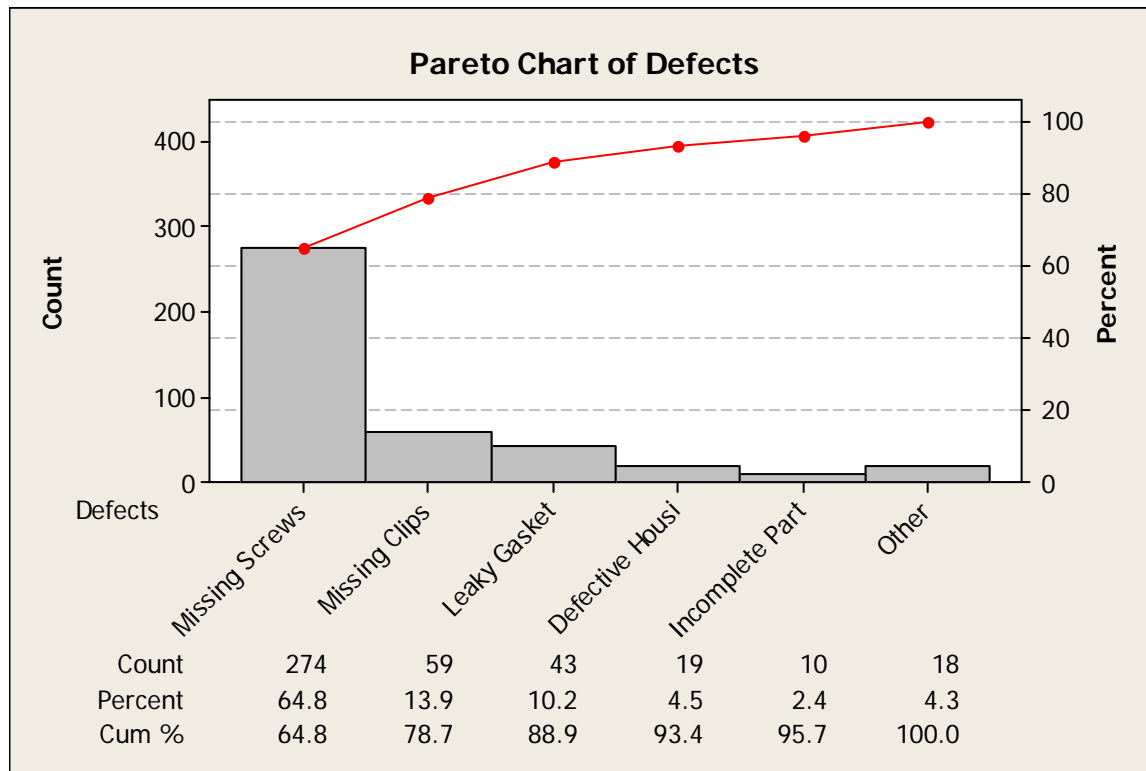


Defect

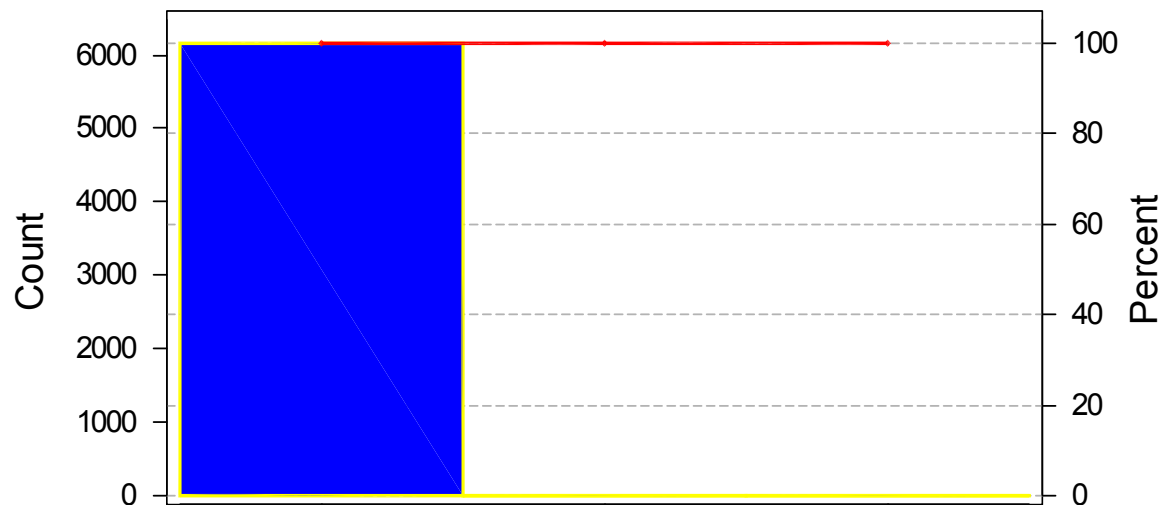
Count	1656710	1602530	653424	189990
Percent	40.4	39.1	15.9	4.6
Cum %	40.4	79.4	95.4	100.0



نمودار پارتو



نمودار پاراتو

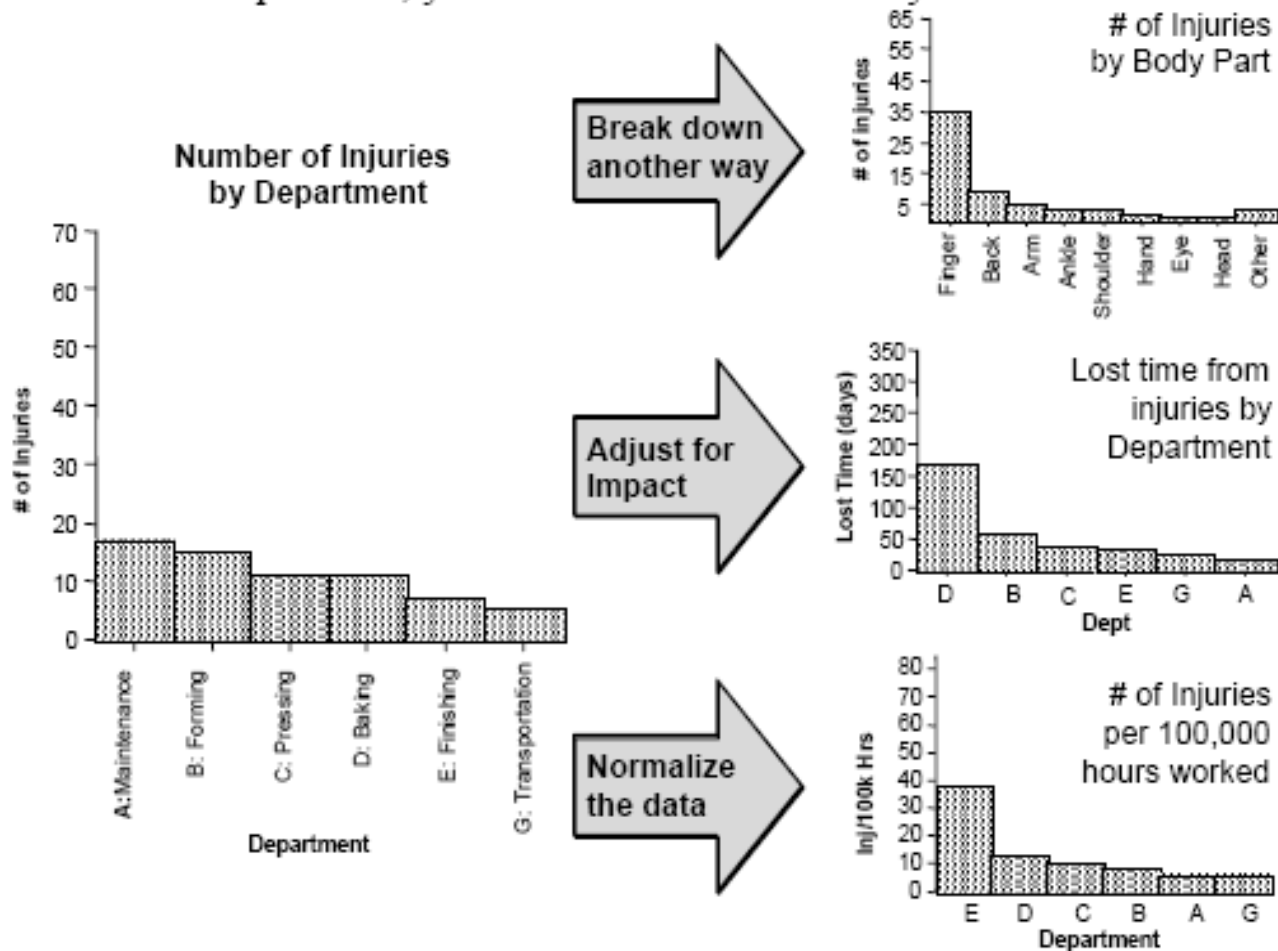


Defect

Count	6165	4	1
Percent	99.9	0.1	0.0
Cum %	99.9	100.0	100.0

سؤال ۳: برای اولویت بندی مشکلات سئوالات ۱ و ۲، چه نوع پارتوهای پیشنهاد می‌نمایید؟ (عنوان محورهای افقی و عمودی را مشخص نموده و در صورت امکان یک نمونه پارتوی تقریبی نیز ترسیم نمایید)

- شد
- When all the bars are roughly the same height and/or many categories are needed to account for most of the problem, you need to find another way to look at the data.



شناخت دقیق وضعیت موجود :

Mohseni

جمع آوری داده‌ها : برگه ثبت داده‌ها
نمودار تمرکز نقص‌ها

تحلیل داده‌ها و تعیین وضعیت بر اساس شاخص

فرم جمع آوری اطلاعات نمودار مبنا (X̄ - R)

شماره قطعه: ۹-۲۲۳۱۳۴ شرح فرایند: سوراخکاری
 اپراتور: آقای سیفی بازرس: آقای خسروی
 ابزار اندازه گیری: CA37 با دقت 0.02 شماره بازرنگری: ۰۱
 ماشین/دستگاه: دریل 15A پارامتر کنترلی: قطر سوراخ
 تاریخ تهیه: ۸۰/۵/۲۳
 USL: ۱۱/۴۲ SL: ۱۱/۳۴ LSL: ۱۱/۲۶

شماره گروه	تاریخ	ساعت	شماره نمونه					تغییرات تولید	
			۱	۲	۳	۴	۵	کد تغییر	شرح تغییرات
۱	۸۰/۵/۲۳	۸	۱۱/۳۲	۱۱/۳۰	۱۱/۳۲	۱۱/۳۴	۱۱/۳۲		
۲	۸۰/۵/۲۳	۸/۳۰	۱۱/۳۴	۱۱/۳۲	۱۱/۳۴	۱۱/۳۴	۱۱/۳۲		
۳	۸۰/۵/۲۳	۹	۱۱/۳۰	۱۱/۳۰	۱۱/۳۰	۱۱/۳۶	۱۱/۳۳		
۴	۸۰/۵/۲۳	۹/۳۰	۱۱/۳۲	۱۱/۳۲	۱۱/۳۲	۱۱/۴۰	۱۱/۳۰		
۵	۸۰/۵/۲۳	۱۰	۱۱/۳۴	۱۱/۳۴	۱۱/۳۰	۱۱/۳۲	۱۱/۳۰		
۶	۸۰/۵/۲۳	۱۱	۱۱/۳۶	۱۱/۳۳	۱۱/۳۰	۱۱/۳۰	۱۱/۳۴	(۹)	
۷	۸۰/۵/۲۳	۱۱/۳۰	۱۱/۳۶	۱۱/۳۶	۱۱/۳۶	۱۱/۳۴	۱۱/۳۲		
۸	۸۰/۵/۲۳	۱۲	۱۱/۳۶	۱۱/۳۶	۱۱/۳۲	۱۱/۳۴	۱۱/۳۶		
۹	۸۰/۵/۲۳	۱۲/۳۰	۱۱/۳۶	۱۱/۳۶	۱۱/۳۲	۱۱/۳۴	۱۱/۳۸		
۱۰	۸۰/۵/۲۳	۱۳	۱۱/۳۶	۱۱/۳۰	۱۱/۳۶	۱۱/۳۲	۱۱/۳۰	شکستن مته (۶)	
۱۱	۸۰/۵/۲۳	۱۳/۳۰	۱۱/۳۶	۱۱/۳۲	۱۱/۳۲	۱۱/۳۴	۱۱/۳۰	توقف خط تولید	
۱۲									
۱۳									
۱۴									
۱۵									
۱۶									
۱۷									
۱۸									
۱۹									
۲۰									
۲۱									
۲۲									
۲۳									
۲۴									
۲۵									
۲۶									
۲۷									
۲۸									
۲۹									

کد تغییرات

۱. تغییر اپراتور
 ۲. تعویض مواد
 ۳. تعویض شیفت
 ۴. تعمیرات
 ۵. تغییرات ماشین
 ۶. تغییرات ابزار
 ۷. تغییرات روش‌ها
 ۸. تنظیم ابزار
 ۹. استراحت
 ۱۰. سایر

برگه ثبت داده ها

برای شکل دادن به داده های جمع آوری شده در قالبی معین استفاده شده تا بتوان به سادگی از داده ها استفاده و آنها را تحلیل کرد.

برگه ثبت داده ها

ملاحظات	نتایج اندازه گیری														نام عملیات روش نمونه برداری	درجه اهمیت ابزار کتتری	مشخصات کتتری محدوده پذیرش						
																			سوراخکاری روزی ۵ نمونه	۴۴۴ کولیس 0.01	قطر A 19.05-19.15		
	18	99	19.01	19.03	19.05	19.07	19.09	19.11	19.13	19.15	19.17	19.19	19.21								کوئچ تمپر هر ۱۰۰ قطعه ۵ نمونه	بحرانی سختی سنج	سختی 300 HB (max)
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	390	360									رنگ آمیزی هر ۱۰۰ قطعه ۵ نمونه	جزئی چشمی	وضعیت ظاهری عدم رنگ پریدگی، دفرمگی
امضاء مسئول گروه مستقر																							

کد فرم: FOAM12

کنترلر:

تاریخ: ۸۱/۱۰/۱۵ - ۸۱/۱۰/۱۵

صفحه ۱ از ۱

فرم کنترل محصول در جریان ساخت و فرایند تولید

نام محصول:

نام قطعه:

شماره فنی قطعه:

سازنده:

نمودار تمرکز نقص‌ها: Mohseni

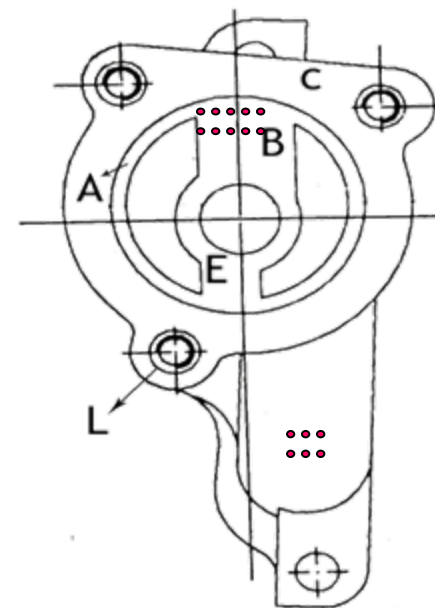
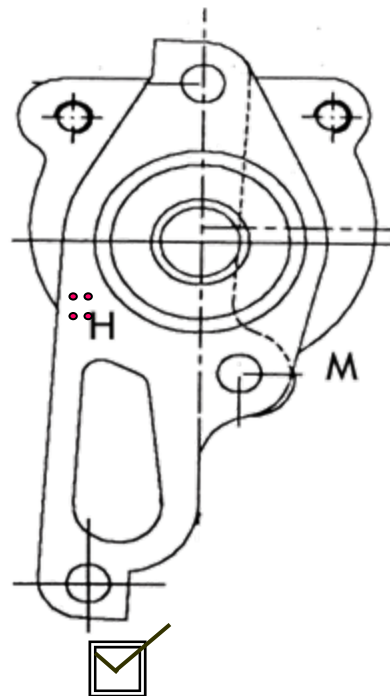
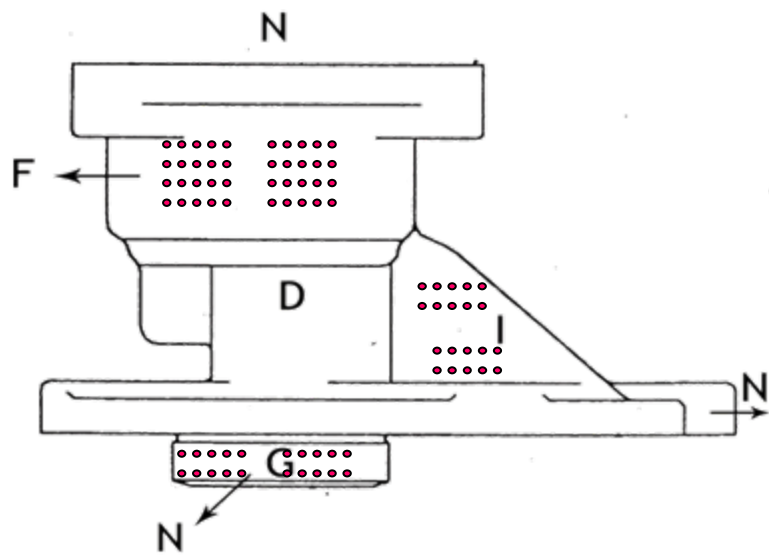
نمودار تمرکز نقص‌ها تصویری است از یک محصول که آن را از ابعاد مختلف نشان می‌دهد، با استفاده از شکل می‌توان محل یا محل‌های ایجاد عیب را روی محصول مشخص کرد و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد

نمودار تمرکز نقص‌ها:

Appraiser: Mrs.Hoseini

Start date:
Finish date:

Mohsemi



Cavity: Left Right

Production:
Scrap part:

سؤال ۴: یک نمونه برگه ثبت داده‌ها را بطور کامل (هدف برگه. نحوه تکمیل و نحوه استفاده از اطلاعات و نحوه تحلیل داده‌ها) تشریح نمایید.

سؤال ۵: آیا موردی می‌شناسید که استفاده از نمودار تمرکز نقصها به شما کمک کند؟

ردیف	اندازه قطعه
1	28.37
2	28.47
3	28.36
4	28.38
5	28.32
6	28.52
7	28.43
8	28.37
9	28.29
10	28.41
11	28.33
12	28.38
13	28.47
14	28.42
15	28.35
16	28.58
17**	26.53
18	28.3
19	28.24
20	28.54

تملیل داده‌ها

ابتدا بایستی کیفیت داده‌های جمع‌آوری شده بررسی شود. نظر شما راجع به داده‌های زیر چیست؟

نوسان و پراکندگی (اختلاف) بین داده‌های مختلف به ۲ دسته نوسانات ذاتی و نوسانات اکتسابی تقسیم می‌شوند. در جدول ۱ قطعه شماره ۱۷ مربوط به یک علت خاص (مخلوط شدن ته مواد) و اختلاف بین بقیه اعداد مربوط به ذات فعلی فرآیند می‌باشد.

پس از حصول اطمینان از مناسب بودن داده‌ها شاخصی جهت تعیین وضعیت فعلی و امکان مقایسه با وضعیت فرآیند پس از اقدام اصلاحی مشخص می‌شود.

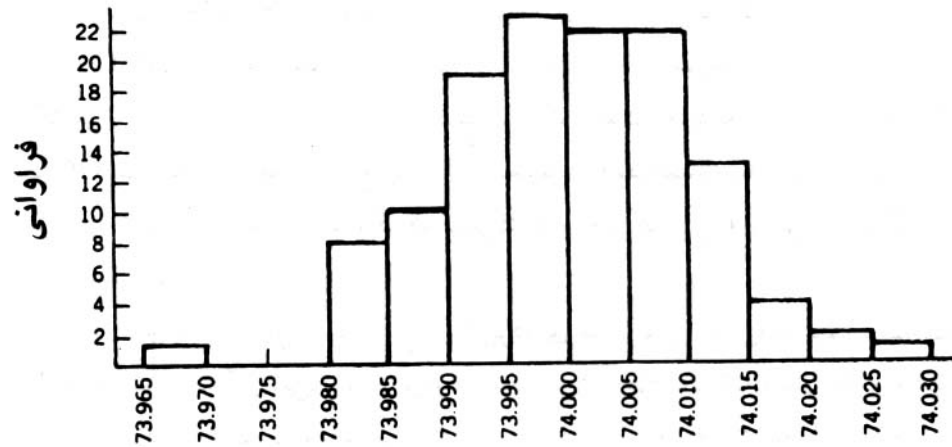
این شاخص در مورد پارامترهای وصفی معمولاً بصورت درصد ضایعات، PPM (تعداد قطعه معیوب در یک میلیون قطعه) و ... نشان داده می‌شود . در مورد پارامترهای کمی معمولاً از ابزار هیستوگرام استفاده می‌شود. هیستوگرام معرف فراوانی داده‌های مربوط به یک پارامتر کمی می‌باشد .

هیستوگرام

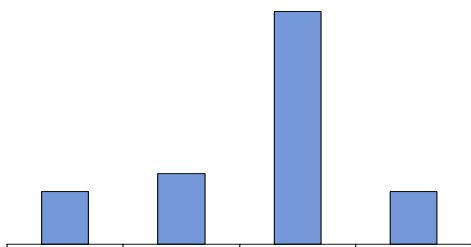
- شکل توزیع فراوانی داده ها

- مکان یا تمایل مرکزی توزیع

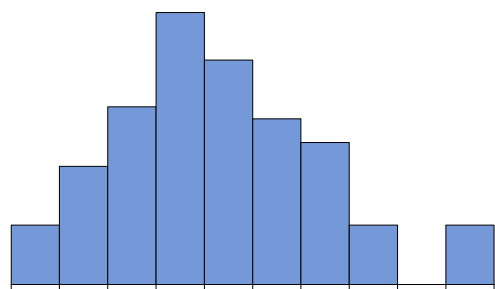
- پراکندگی یا گسترش توزیع



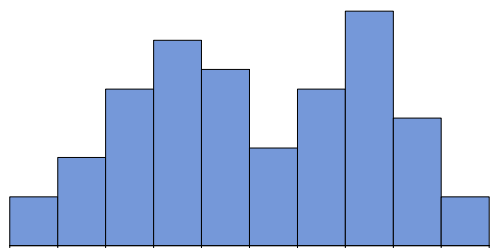
تجزیه و تحلیل اشکال مختلف هیستوگرام



۱- تمام داده ها در کمتر از ۵ گروه قرار دارند

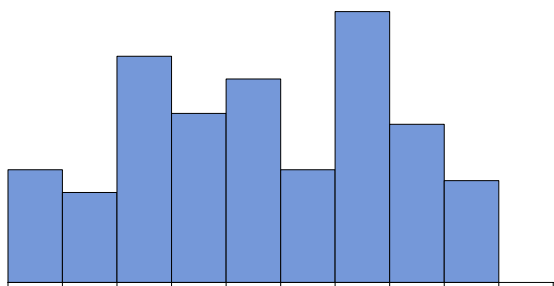


۲- بخشی از داده ها منفک و مجزا است.

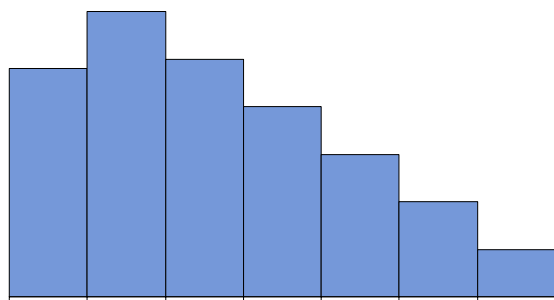


۳- هیستوگرام دو دندانه (دو کوهانه) است.

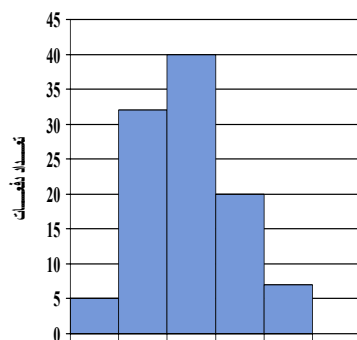
تجزیه و تحلیل اشکال مختلف هیستوگرام (ادامه)



۴- هیستوگرام دندانان دندانان است.



۵- هیستوگرام به شکل صخره است.



۶- هیستوگرام متمرکز است و پراکندگی اندکی دارد

اگر پراکندگی داده‌ها از تلرانس قطعه بیشتر باشد، فرآیند تولید نامناسب بوده و منجر به تولید ضایعات خواهد شد. برای مشخص شدن این امر شاخصی بنام قابلیت بالقوه فرآیند معرفی می‌شود که عبارت است از

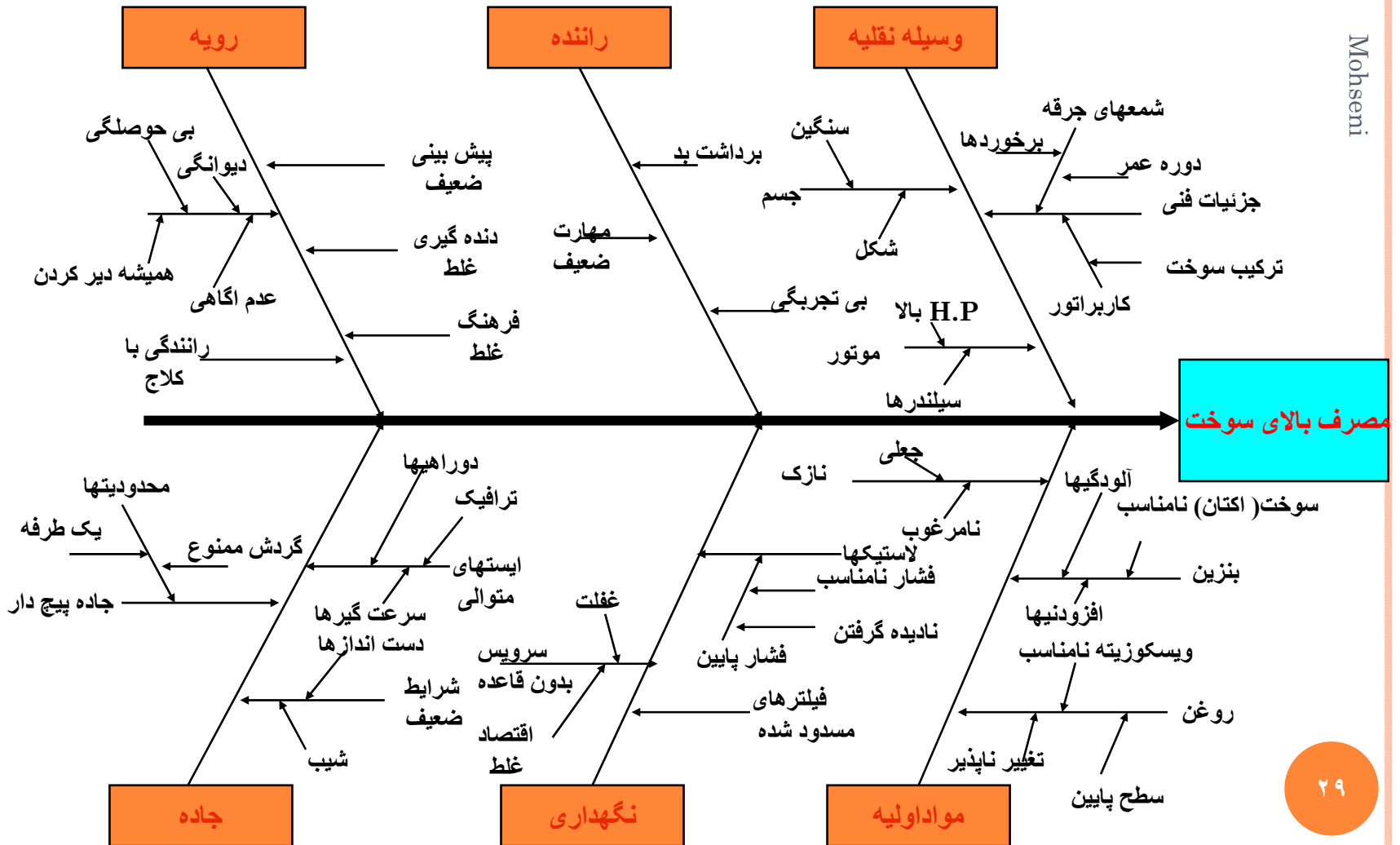
$$C_p$$

بدیهی است که هرچه این شاخص بزرگتر باشد (یعنی تلرانس بازتر و یا حدود تولید بسته‌تری داشته باشیم) فرآیند قابلیت بیشتری داشته و مناسبتر می‌باشد .

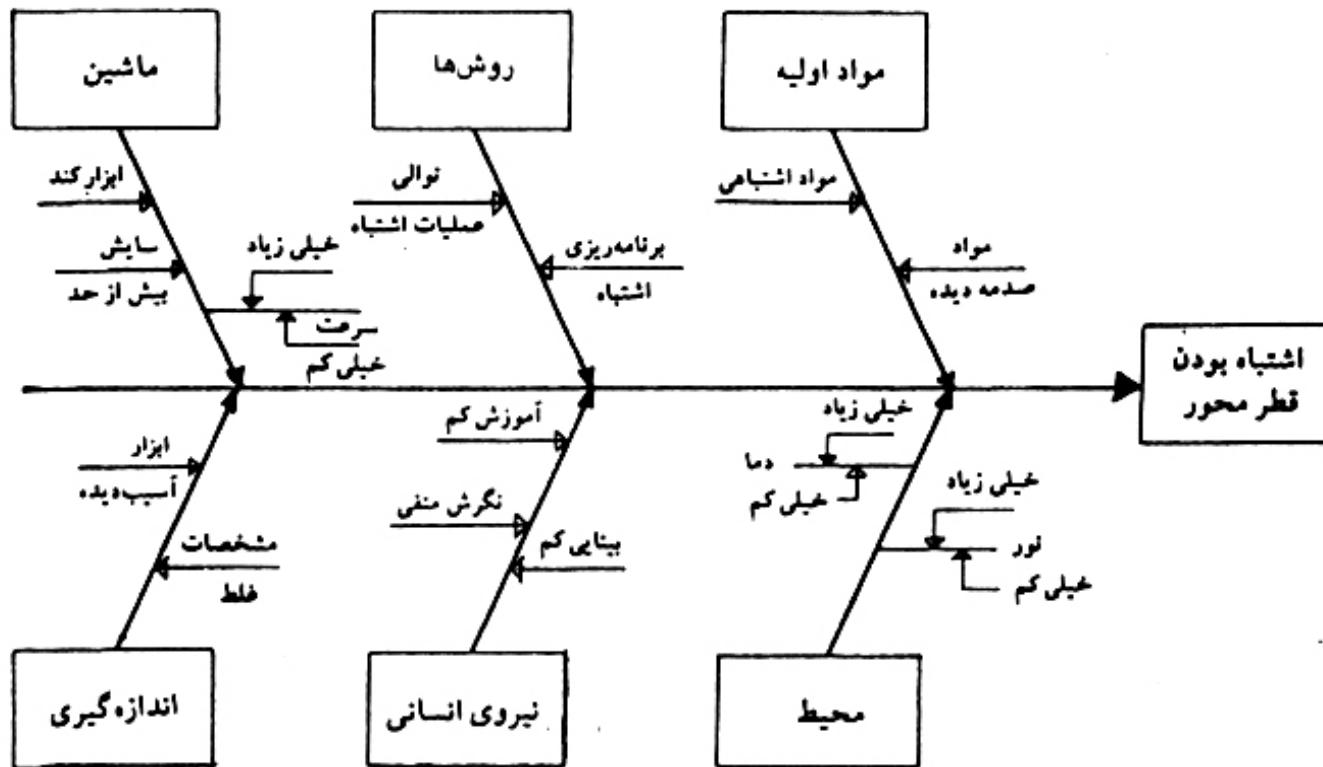
تحليل وضعیت فعلي

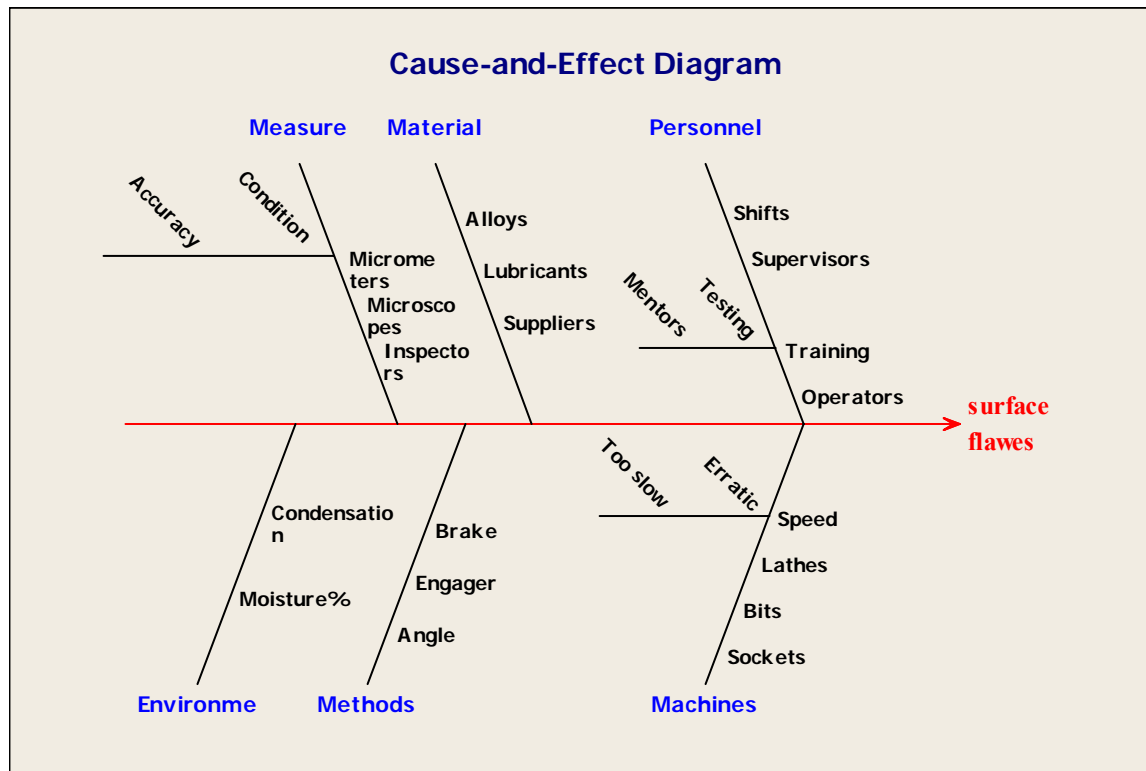
حدس زدن علل بروز مشکل
مشخص کردن و تصدیق علتهاي ریشه‌اي

دیگرام علت و معلول برای مصرف زیاد بنزین



نمودار علت و معلول

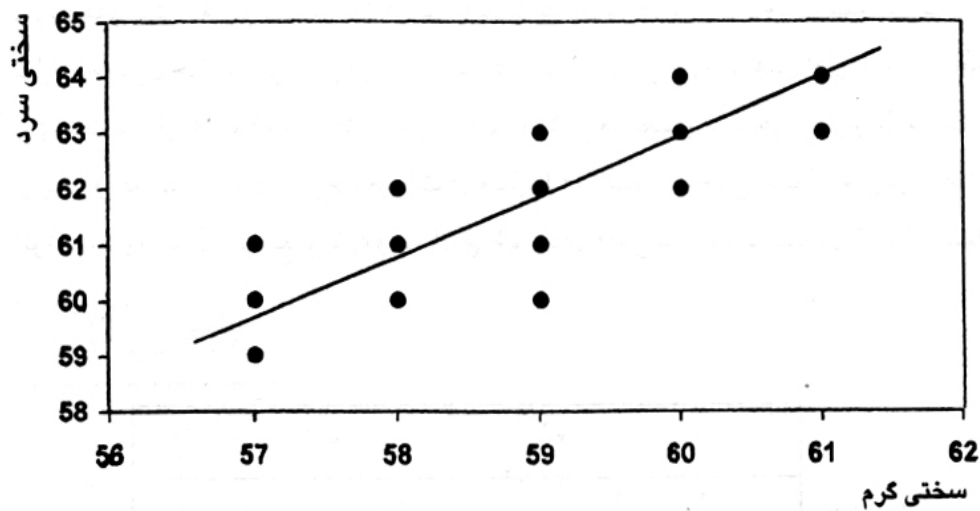


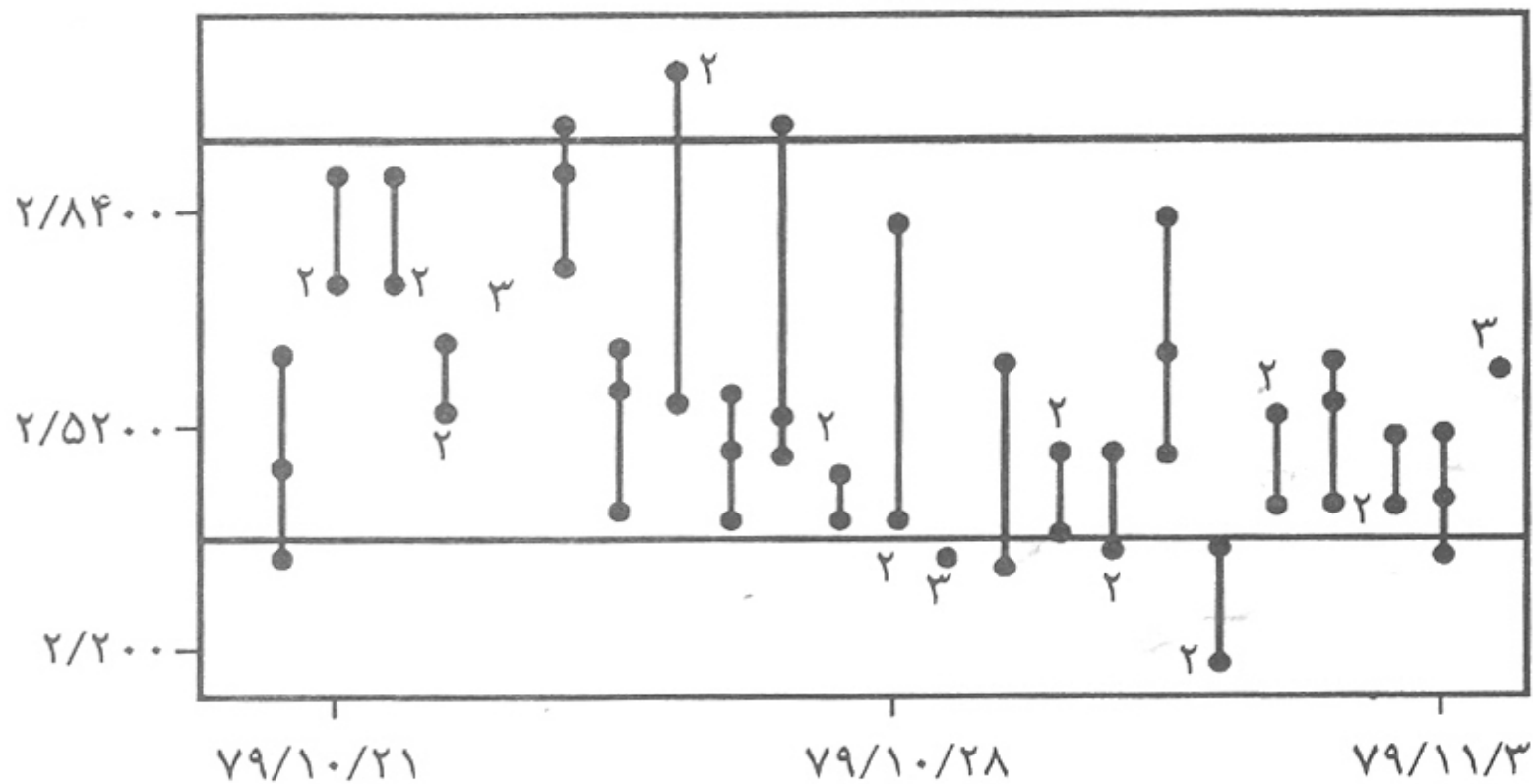


نمودارهای پراکندگی

۱- نمودار همبستگی

۲- نمودار پراکندگی در محدوده تکرانس





شکل ۱-۷: نمودار پراکندگی برای غلظت مس



همبستگی خطی $Y = ax + b$

$$a = \frac{\sum xy - \left[\frac{\sum x \sum y}{n} \right]}{\sum x^2 - \frac{[\sum x]^2}{n}}$$

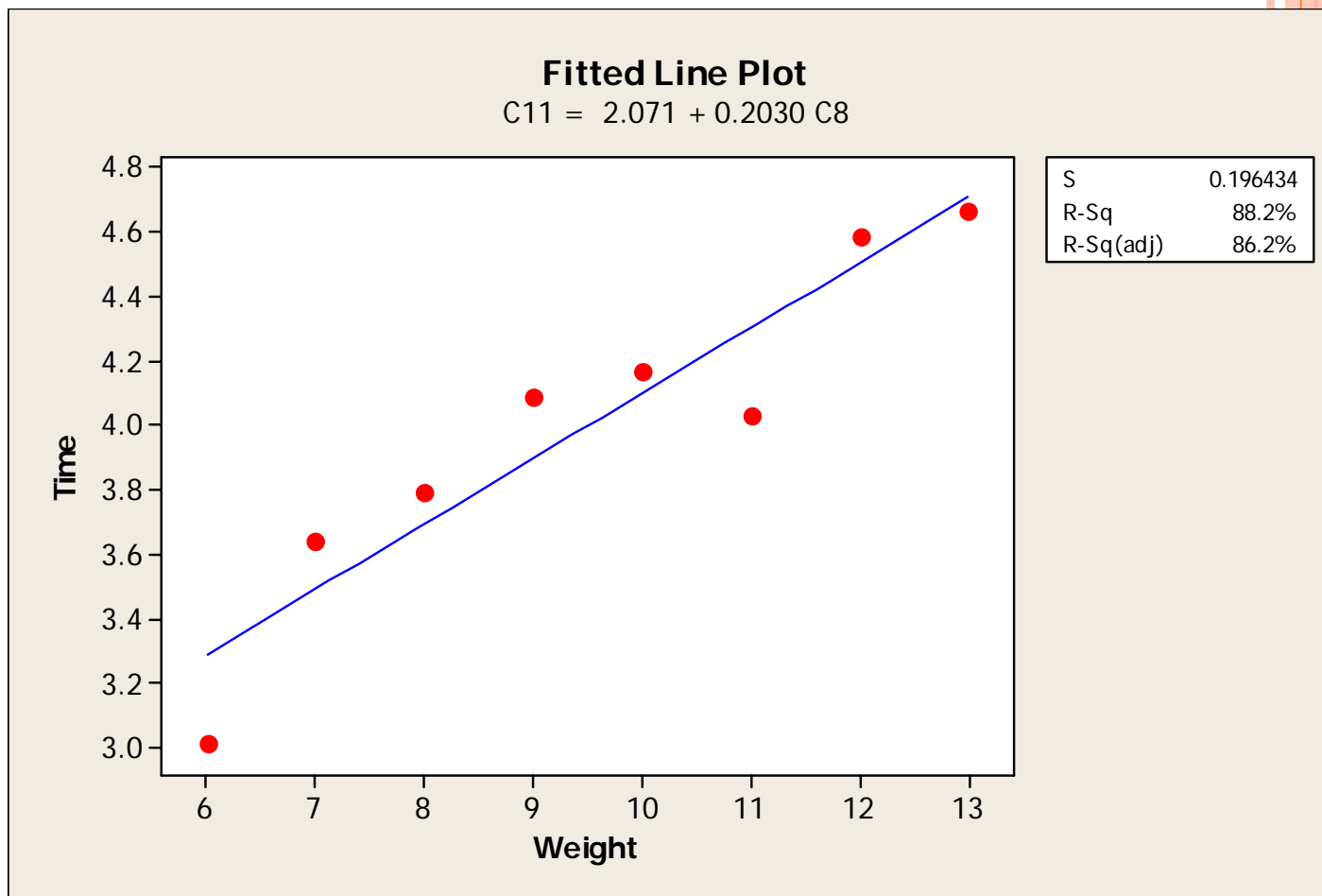
$$b = \sum \frac{y}{n} - a \left(\sum \frac{x}{n} \right)$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum xy - \left[\frac{\sum x \sum y}{n} \right] \right)^2}{\left(\sum x^2 - \frac{[\sum x]^2}{n} \right) \left(\sum y^2 - \frac{[\sum y]^2}{n} \right)}$$



رگرسیون

Weight	Time
6	3.01360
7	3.64489
8	3.79690
9	4.08713
10	4.16800
11	4.03268
12	4.58467
13	4.66521



اقدام اصلاحي و ايجاد بهبود يا رفع مشكل



پیشنهاد راه حل : ” بهبود خلاقانه“

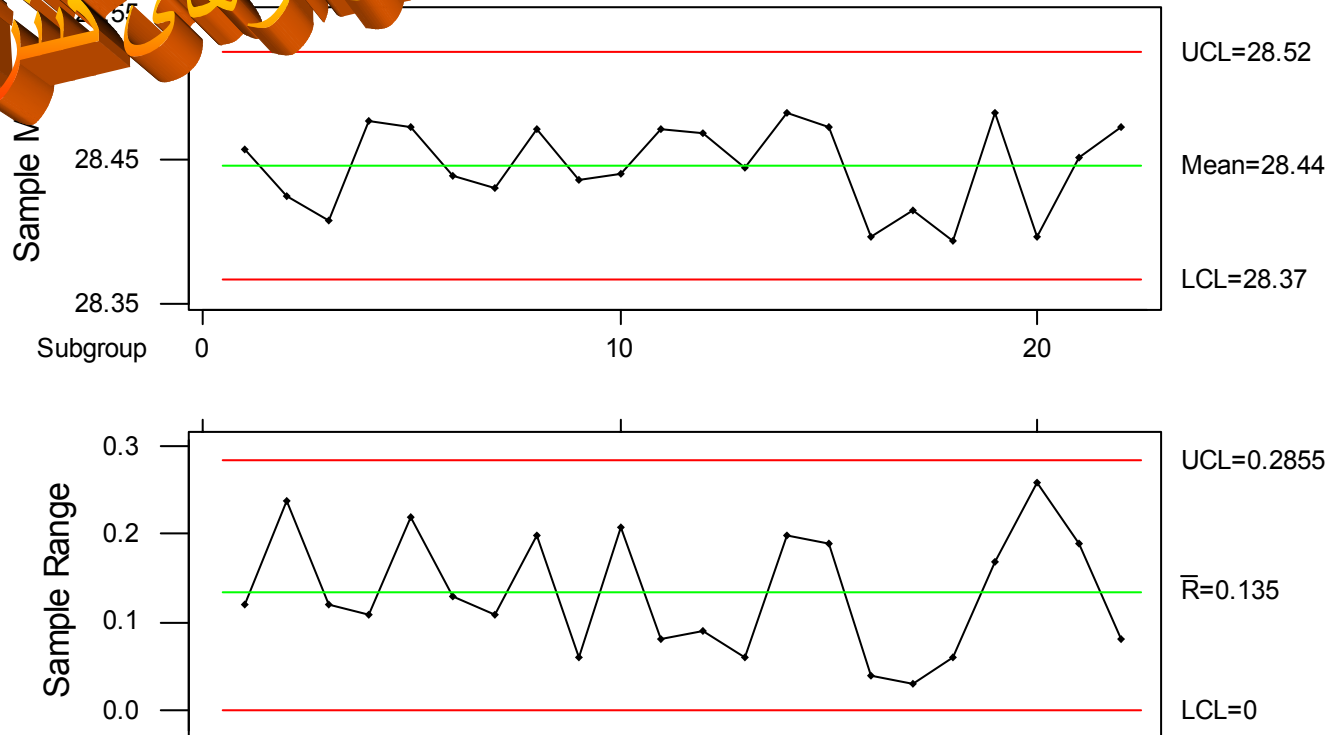
اجرای اقدام اصلاحي

بررسی اثر بخشی : ابزارهاي ” شناخت دقيق وضعيت موجود“

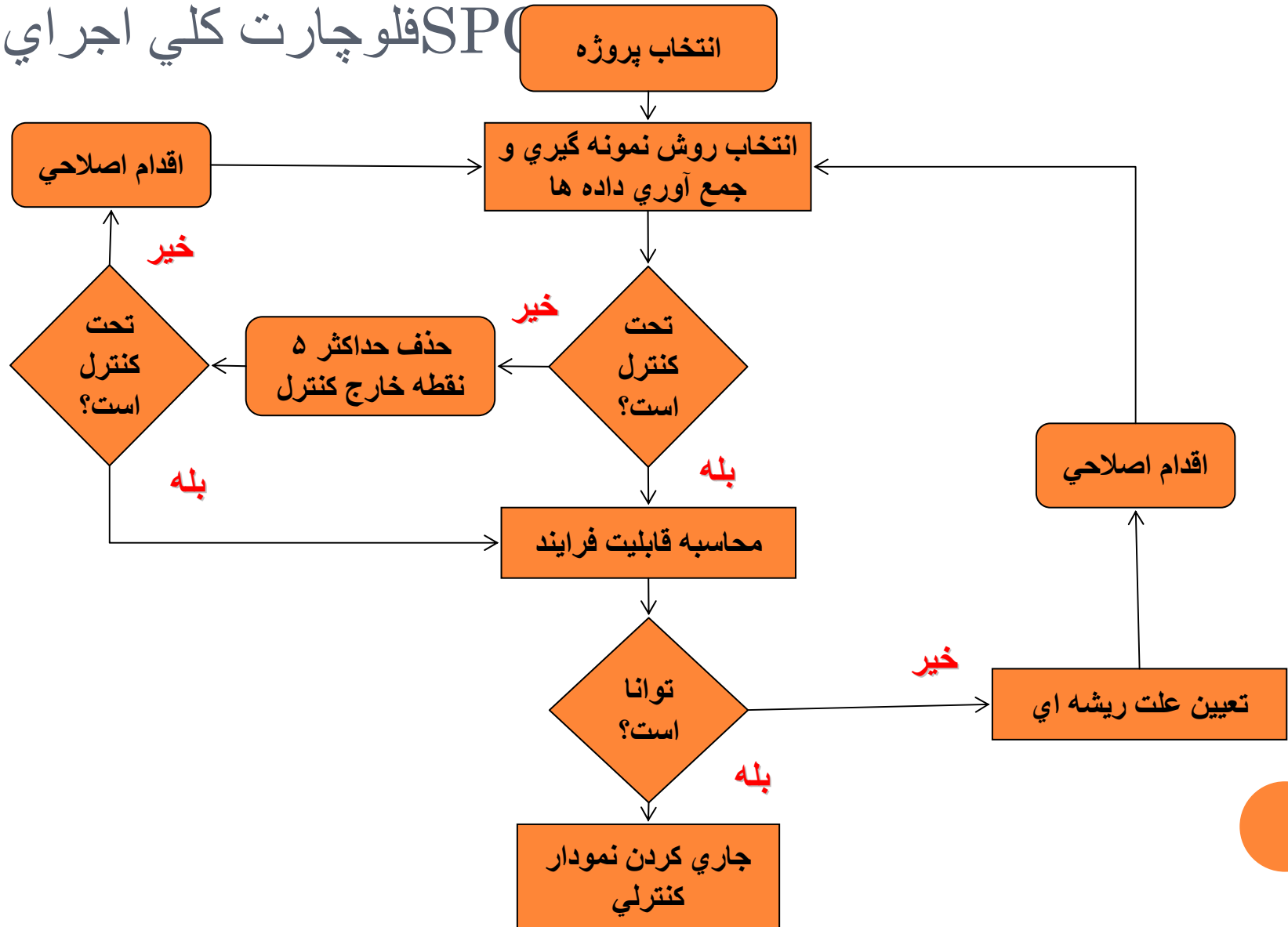
حفظ و کنترل وضعیت بهبود یافته

امورهای کنترلی

Xbar/R Chart for "Pin 192"



SPC فلوچارت كلي اجرائي



- نمودار کنترل

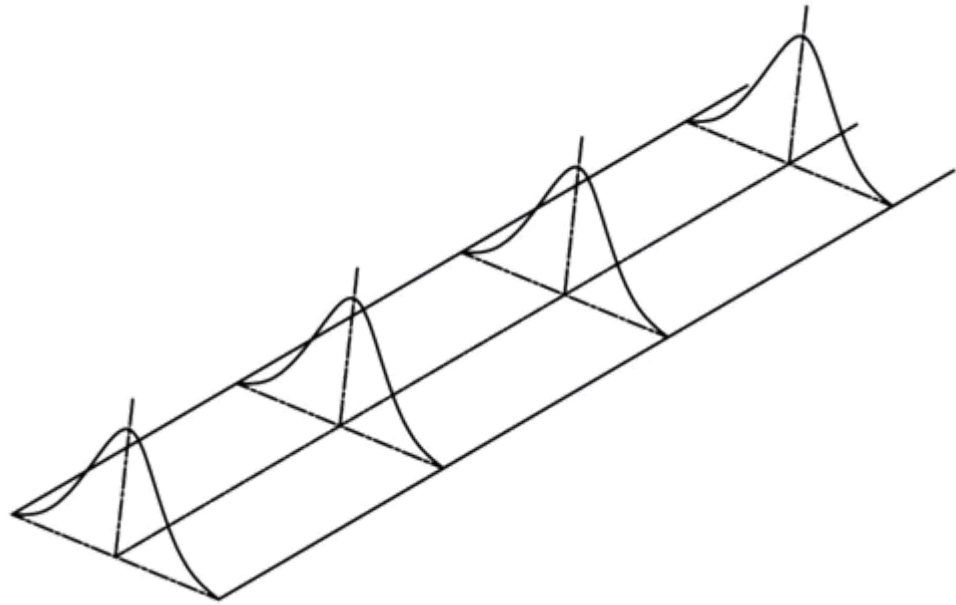
تعریف فرآیند

انواع تغییرات در فرآیند

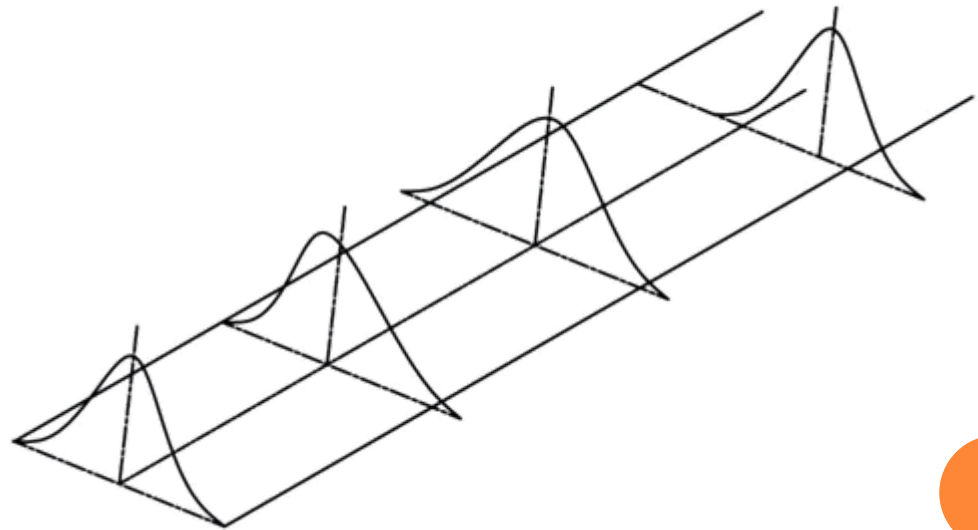
تغییرات ذاتی

تغییرات اکتسابی (تغییرات با دلیل)

تغییرات ذاتی



تغییرات اکتسابی



- تغییرات در ذات طبیعت هستند

- فرآیندهای تولیدی استثنا نیستند

- انواع تغییرات

❖ تغییرات ذاتی یا تغییرات تصادفی (Common Causes of Variation)

دلایل کوچک بسیار زیادی می تواند باعث بوجود آمدن تغییرات ذاتی شود.

آنها را نمی توان از ذات فرآیند جدا کرد و شناسایی نمود.

رفتار آنها مانند **منحنی نرمال** است.



❖ تغییرات اکتسابی یا تغییرات با دلیل (Special Causes of Variation)

برای دلایل قابل شناسایی و محدود بوجود می آیند
تأثیرشان بر محصول خروجی زیاد است.

منشأ این تغییرات

-روش

-اپراتور

-مواد

-ماشین

-محیط

-بازرسی



- کنترل :

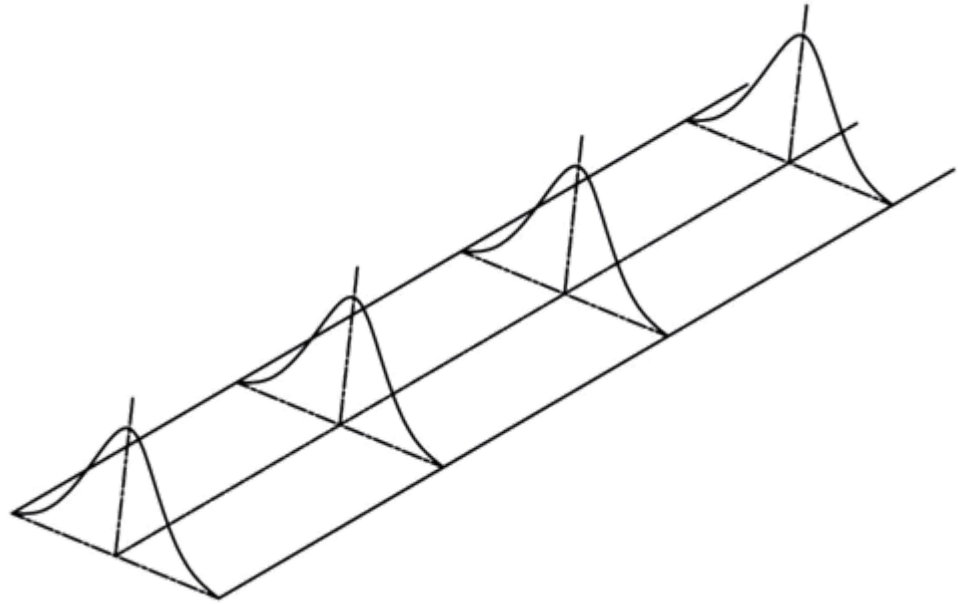
تمایز تغییرات ذاتی از تغییرات اکتسابی که بر اثر دلایل قابل شناسایی بوجود می آیند و رفع علتهای بوجود آمدن تغییرات اکتسابی

- فرآیندهای تحت کنترل آماری :

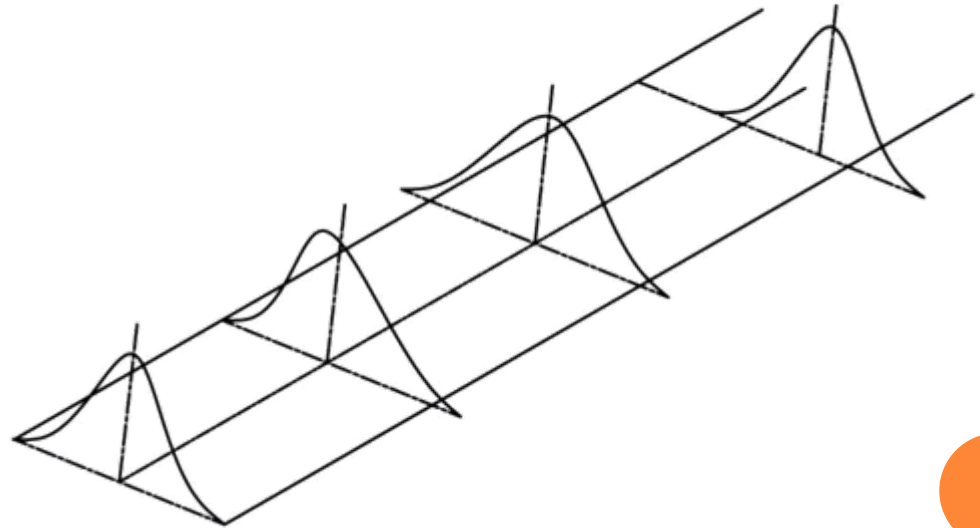
فرآیندی که در آن فقط انحرافات ذاتی وجود داشته باشد.



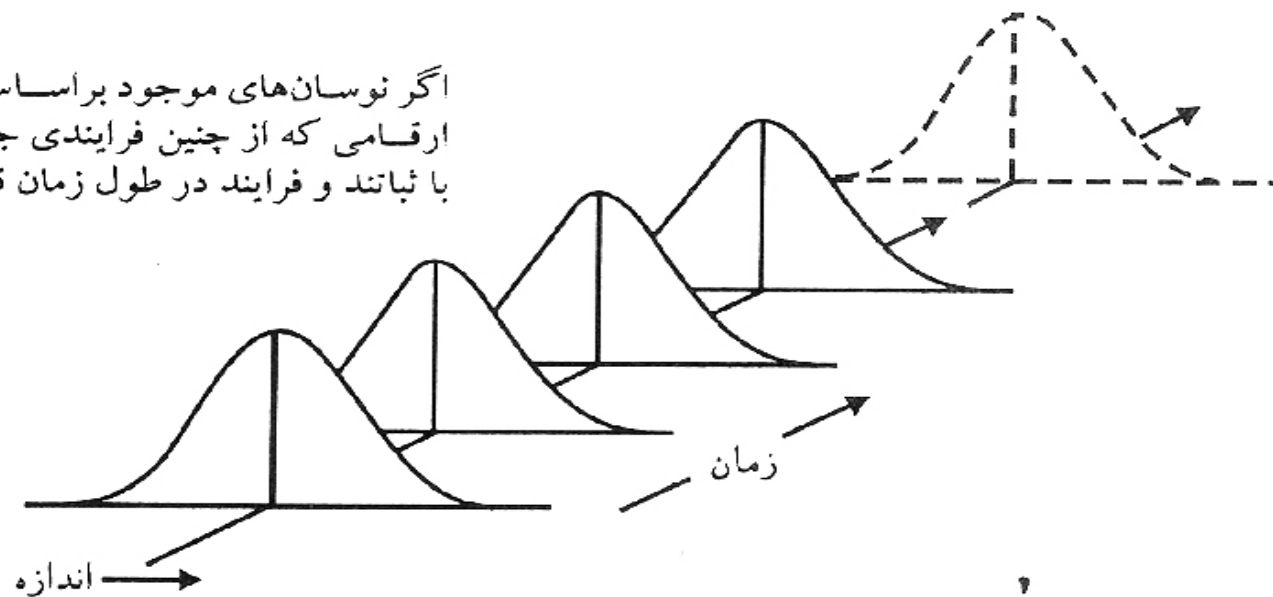
تغییرات ذاتی



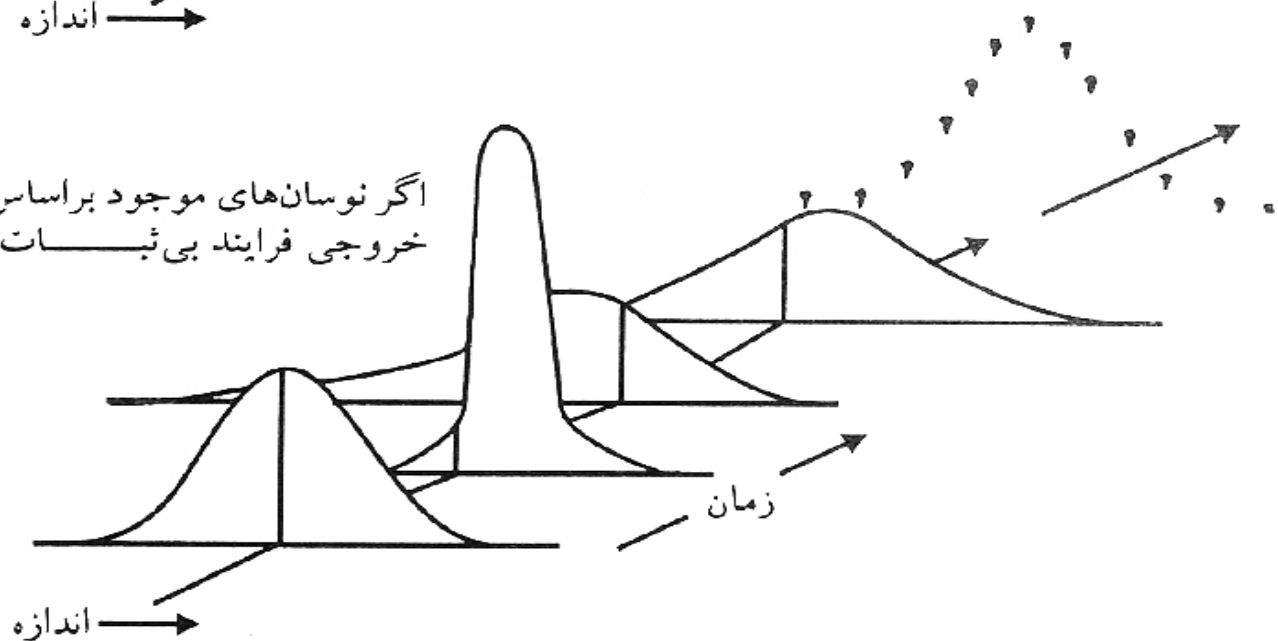
تغییرات اکتسابی



اگر نوسان‌های موجود بر اساس علل عام باشد، ارقامی که از چنین فرایندی جمع‌آوری می‌شوند با ثباتند و فرایند در طول زمان قابل پیش‌بینی است.



اگر نوسان‌های موجود بر اساس علل خاص باشند، خروجی فرایندی بی‌ثبات خواهد بود.



شکل ۱-۲: تأثیر علل اکتسابی و ذاتی بر فرایند

توابع توزیع احتمال

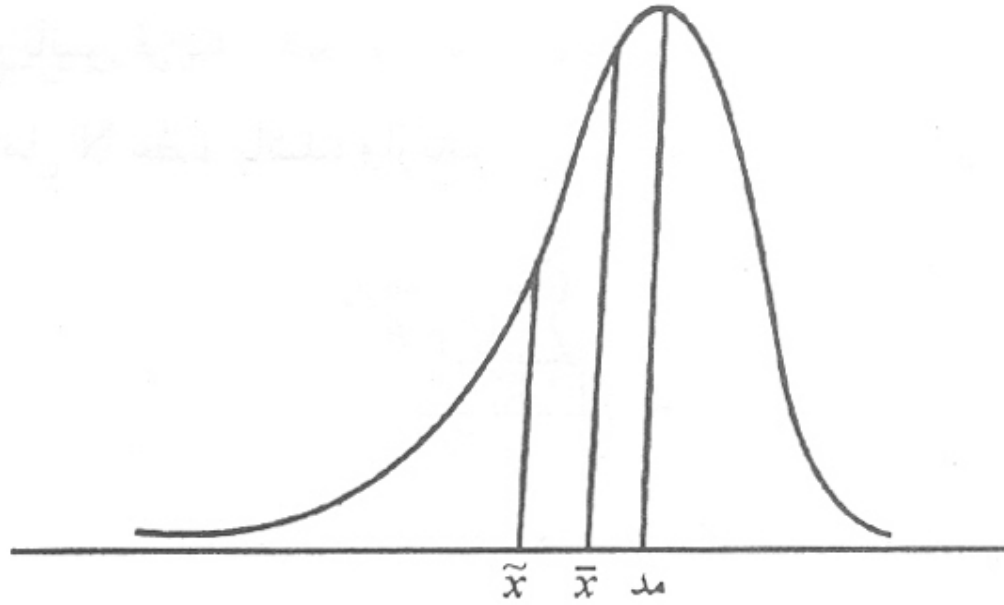
مرکزیت

Mohseni

- مد یا نما

- میانه

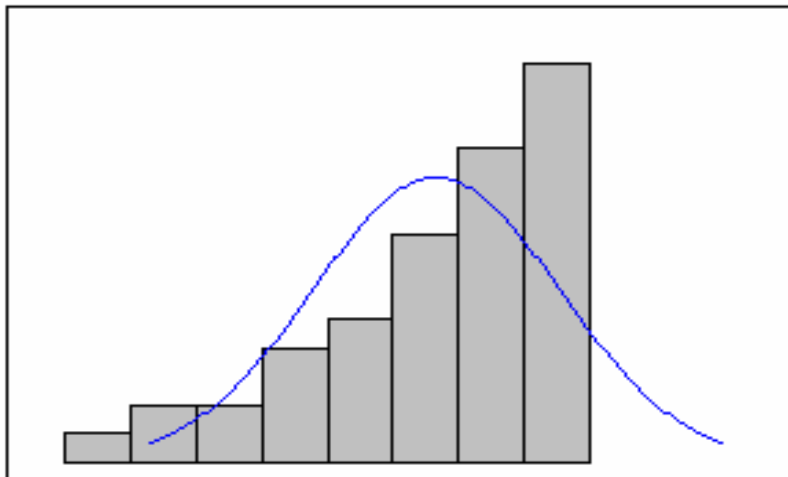
$$\left. \begin{aligned} \mu &= \frac{\sum_{i=1}^N xi}{N} \\ \bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \end{aligned} \right\} \text{- میانگین}$$



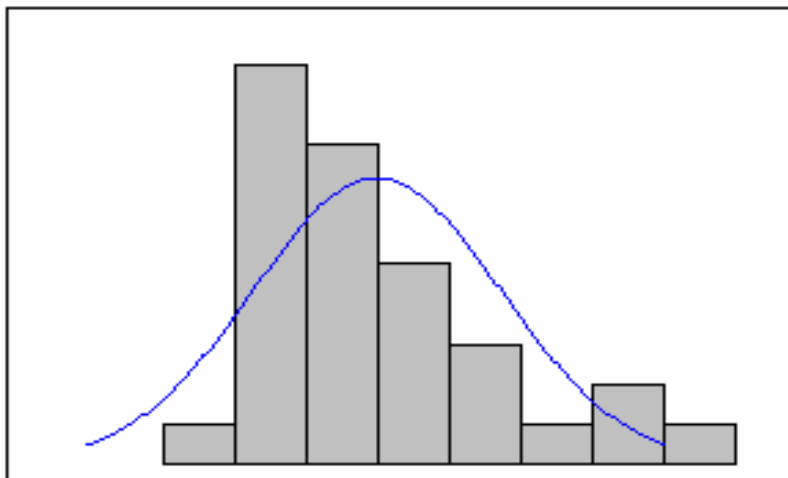
شکل ۲-۲: مقادیر مد، میانه و میانگین در یک توزیع با چولگی منفی (چپ)



**Example of a negative or left-skewed distribution
(skewness = -1.01)**



**Example of a positive or right-skewed distribution
(skewness = 1.08)**

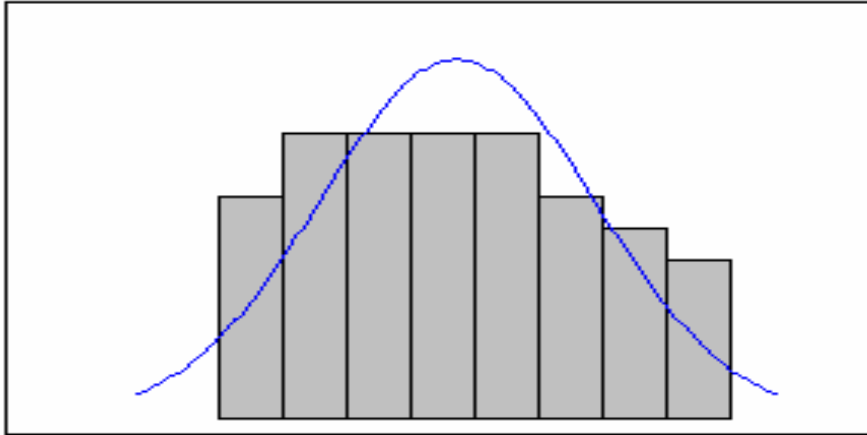


$$\text{Skewness} = \frac{(\text{مد} - \text{میانگین})}{\sigma}$$

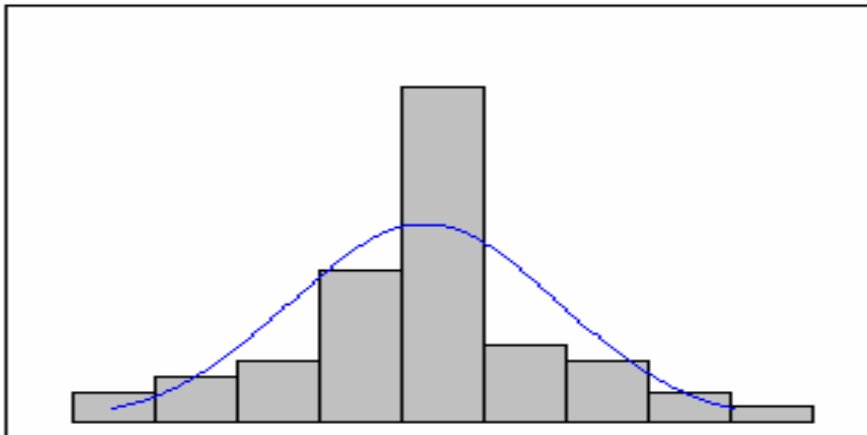


بیدگی

**Example of a flatter than normal distribution
(kurtosis = - 1.03)**



**Example of a distribution with a sharper than normal peak
(kurtosis = 0.76)**



$$Kurtosis = \frac{\frac{1}{2}(Q_3 - Q_1)}{P_{90} - P_{10}}$$



توابع توزیع احتمال (ادامه)

پراکندگی

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- واریانس

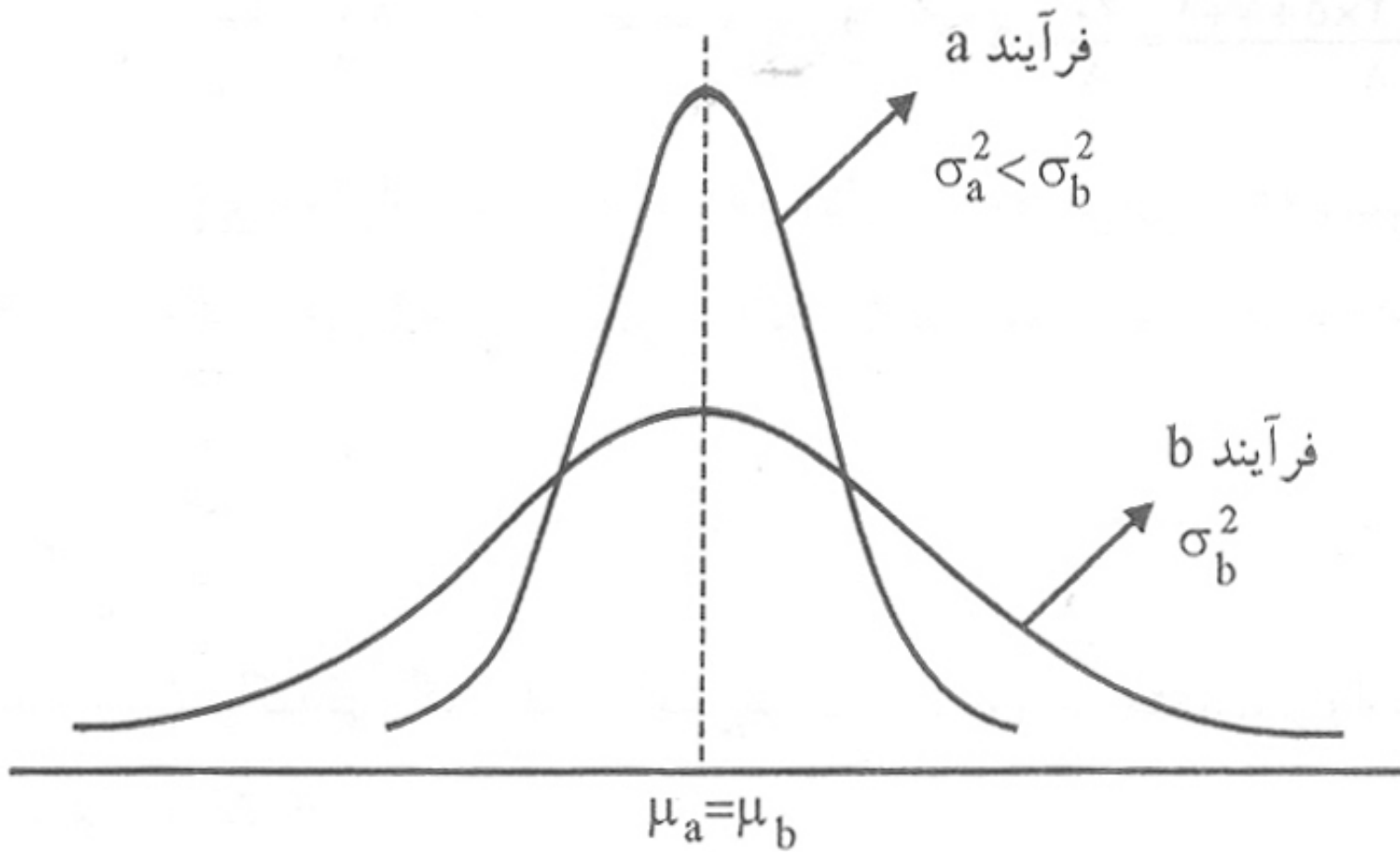
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- انحراف معیار

$$R = X_{Max} - X_{Min}$$

- دامنه

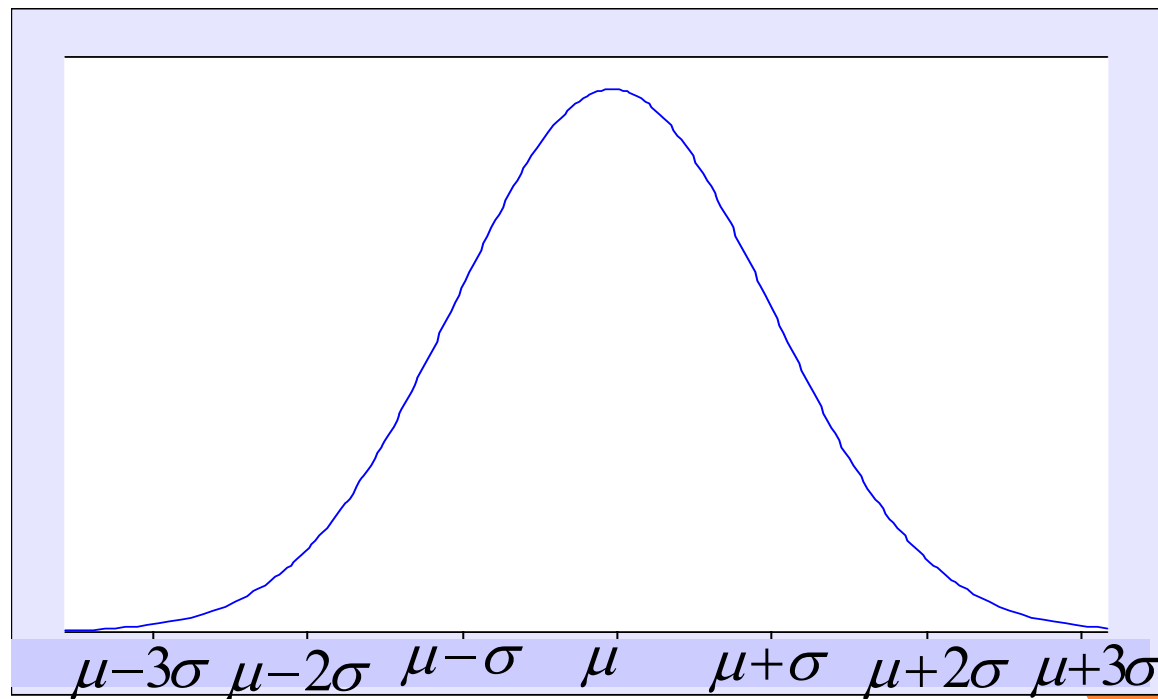


شکل ۲-۳: دو فرایند با میانگین برابر و واریانس متفاوت

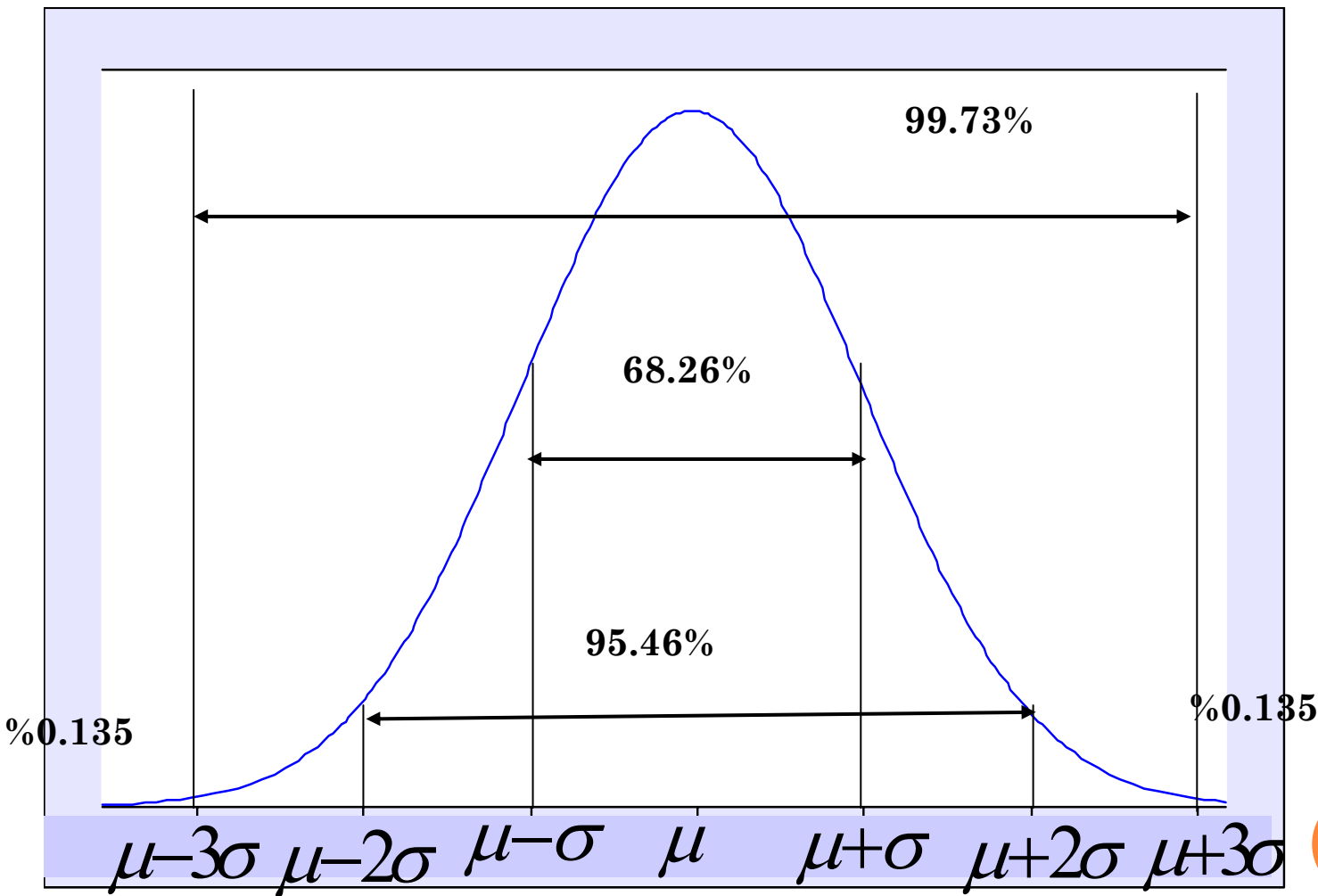
توزیع نرمال

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

۱۷۳۳: دموار - احتمال پرتاب سکه
 ۱۸۰۹: گوس - پیشگویی مکان
 موجودات نجومی
 نیمه دوم قرن نوزدهم: نرمال



توزیع نرمال



$$\bar{X} = 20^{mm} \quad \text{و}$$

در يك فرآيند سنگ زني كه داراي توزيع نرمال مي باشد با

در يك محموله 10000 عددي

$$S = 0.01$$

$$19.99 - 20.10 \quad \text{قطعه} \quad 6836 = 0.6826 \times 10000$$

$$19.98 - 20.20 \quad \text{قطعه} \quad 9546 = 0.9546 \times 10000$$

$$19.97 - 20.30 \quad \text{قطعه} \quad 9973 = 0.9973 \times 10000$$

$$. \quad 27 = 0.0027 \times 10000 \quad \text{قطعه} \quad \text{بزرگتر از } 20.30 \text{ يا کوچکتر از } 19.97 \text{ مي باشد .}$$

MINITAB

- **Display Descriptive Statistics** **Statistics**
- main topic see also
- **Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics > Statistics**
- Allows you to choose the statistics that you wish to display.
- **Dialog box items**
- **Mean:** Choose to display the arithmetic mean .
- **SE of mean:** Choose to display the standard error of the mean .
- **Standard deviation:** Choose to display the standard deviation of the data.
- **Variance:** Choose to display the variance of the data.
- **Coefficient of variation:** Choose to display the coefficient of variation .
- **First quartile:** Choose to display the first quartile .
- **Median:** Choose to display the median .
- **Third quartile:** Choose to display the third quartile .
- **Interquartile range:** Choose to display the difference between the first and third quartiles .
- **Trimmed mean:** Choose to display the trimmed mean .
- **Sum:** Choose to display the data sum .
- **Minimum:** Choose to display the data minimum .
- **Maximum:** Choose to display the data maximum .
- **Range:** Choose to display the data range .
- **N nonmissing:** Choose to display the number of nonmissing column entries.
- **N missing:** Choose to display the number of missing column entries.
- **N total:** Choose to display the total (nonmissing and missing) number of column entries.
- **Cumulative N:** Choose to display the cumulative number of entries.
- **Percent:** Choose to display the percent of observations that a group constitutes. The percent will be 100 unless you use a By variable.
- **Cumulative percent:** Choose to display the cumulative percent .
- **Sum of squares:** Choose to display the sum of the squared data values . This is the uncorrected sums of squares, without first subtracting the mean.
- **Skewness:** Choose to display the skewness value.
- **Kurtosis:** Choose to display the kurtosis value
- **MSSD:** Choose to display half the Mean of Successive Squared Differences .



استاندارد کردن مقادیر

$$X \Rightarrow Z \quad \wedge \quad \sigma \Rightarrow 1$$

$$P(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2}$$

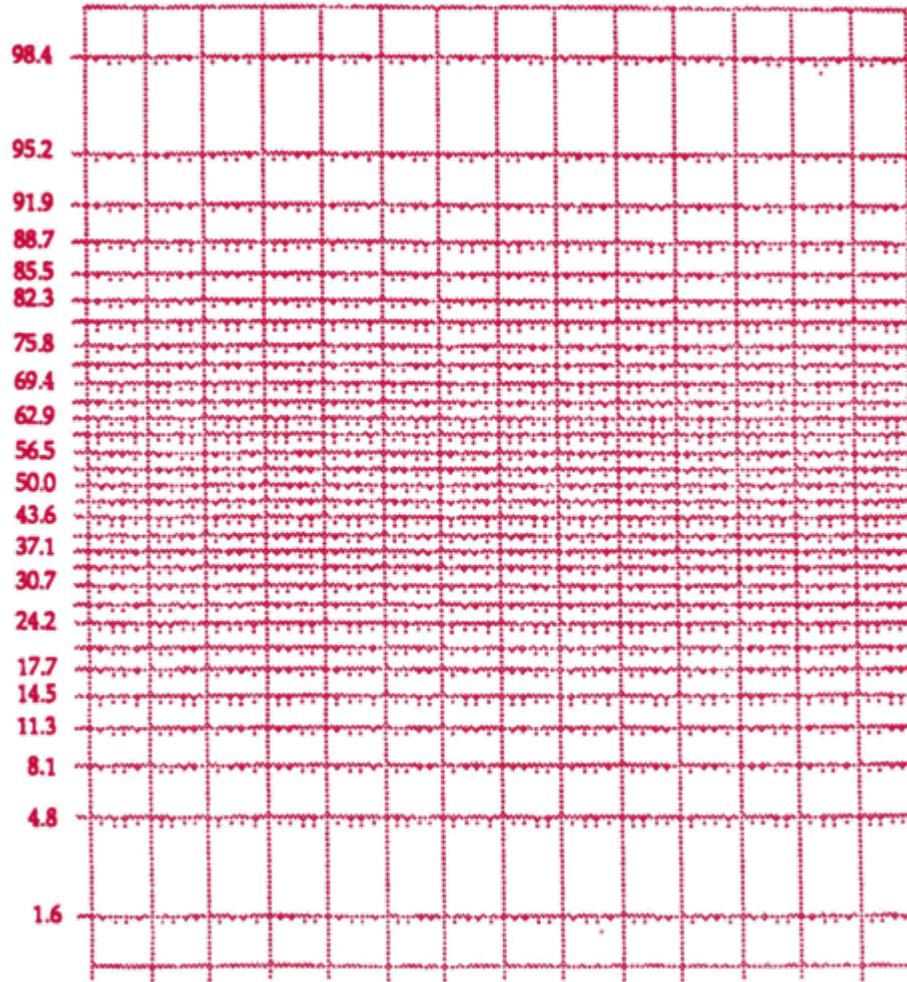


تست نرمال

تعیین نوع توزیع فرآیند

- هیستوگرام

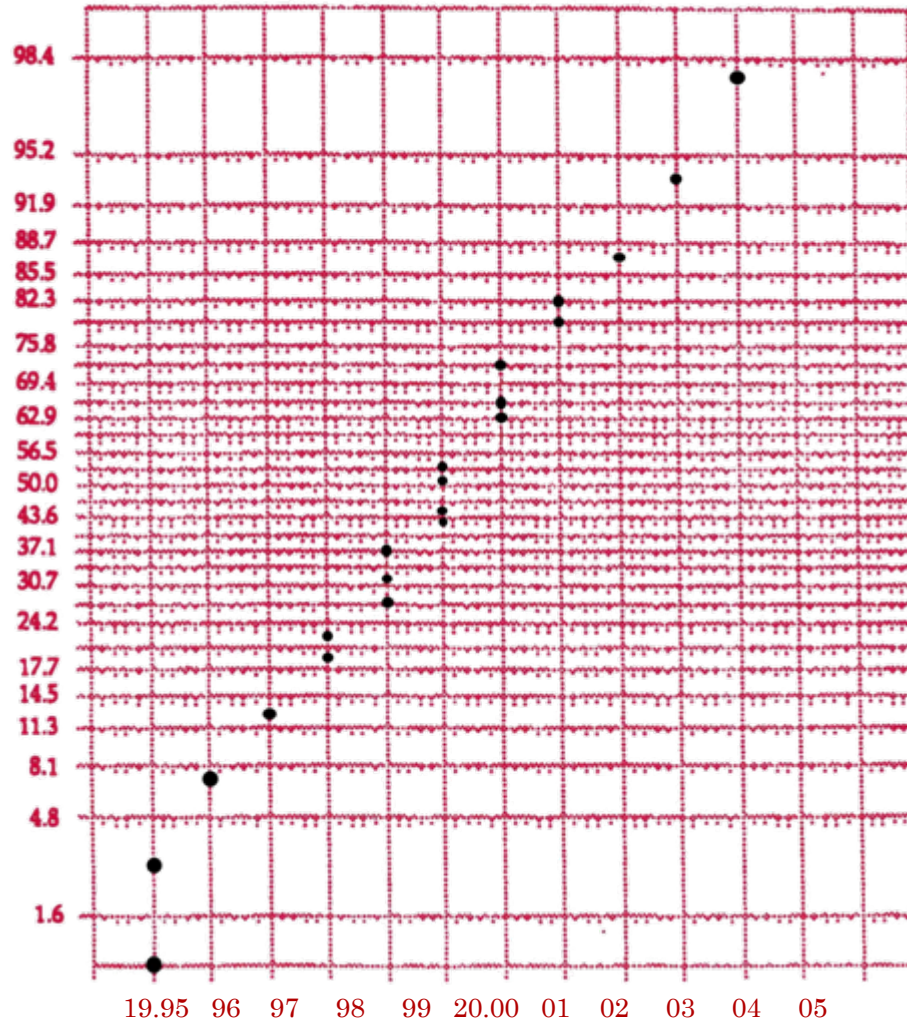
- نمودار احتمال نرمال



۲۰ نمونه قطر یک شفت اندازه گیری شده و نتایج عبارتند از:

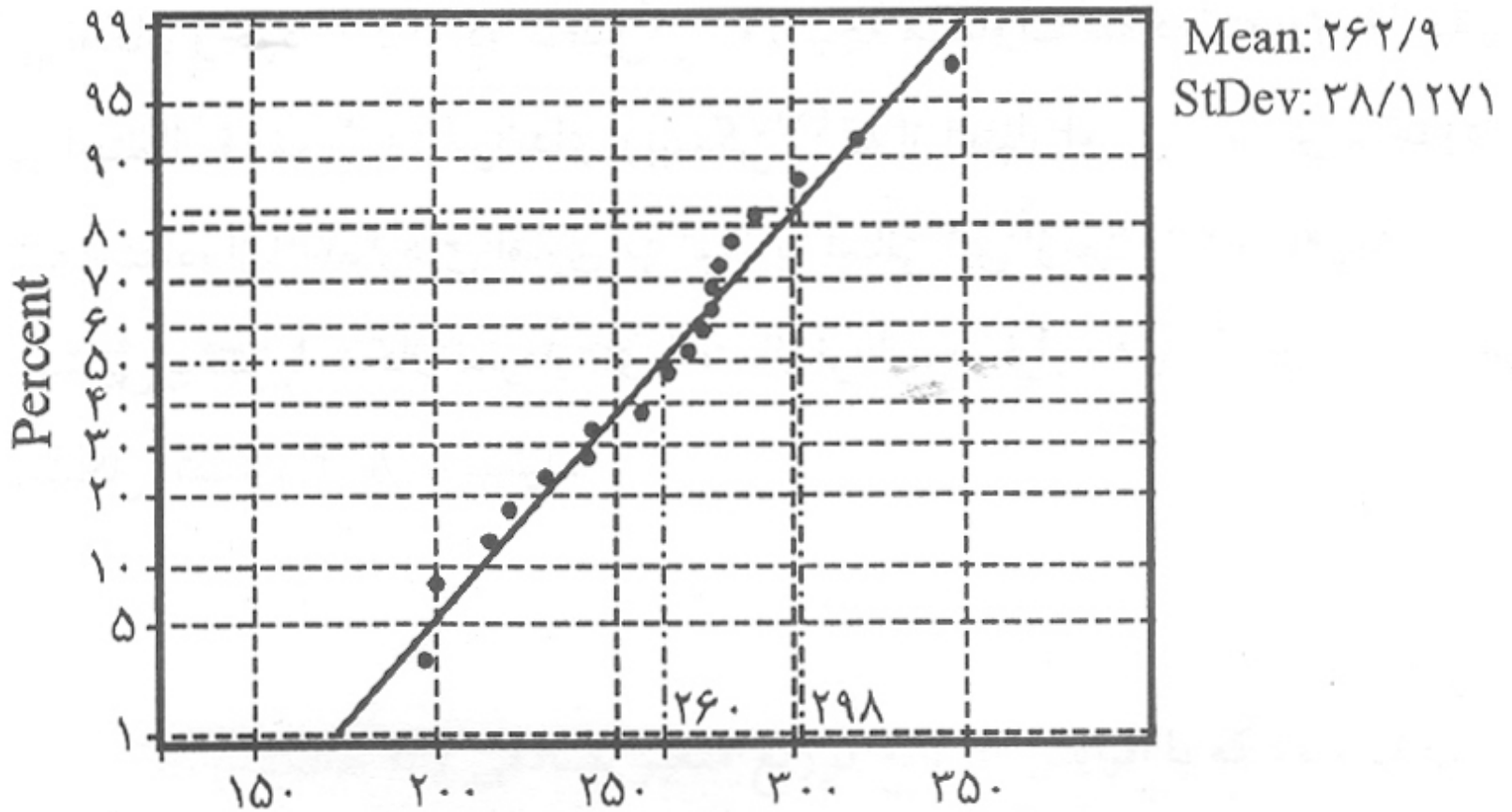
رتبه	اندازه قطر	مکان رسم شده
1	19.95	0.025
2	19.96	0.075
3	19.97	0.125
4	19.98	0.175
5	19.98	0.225
6	19.99	0.275
7	19.99	0.325
8	19.99	0.375
9	20.00	0.425
10	20.00	0.475
11	20.00	0.525
12	20.00	0.575
13	20.01	0.625
14	20.01	0.675
15	20.01	0.725
16	20.02	0.775
17	20.02	0.825
18	20.03	0.875
19	20.04	0.925
20	20.05	0.975

$$P_j = \frac{j - 1/2}{n}$$

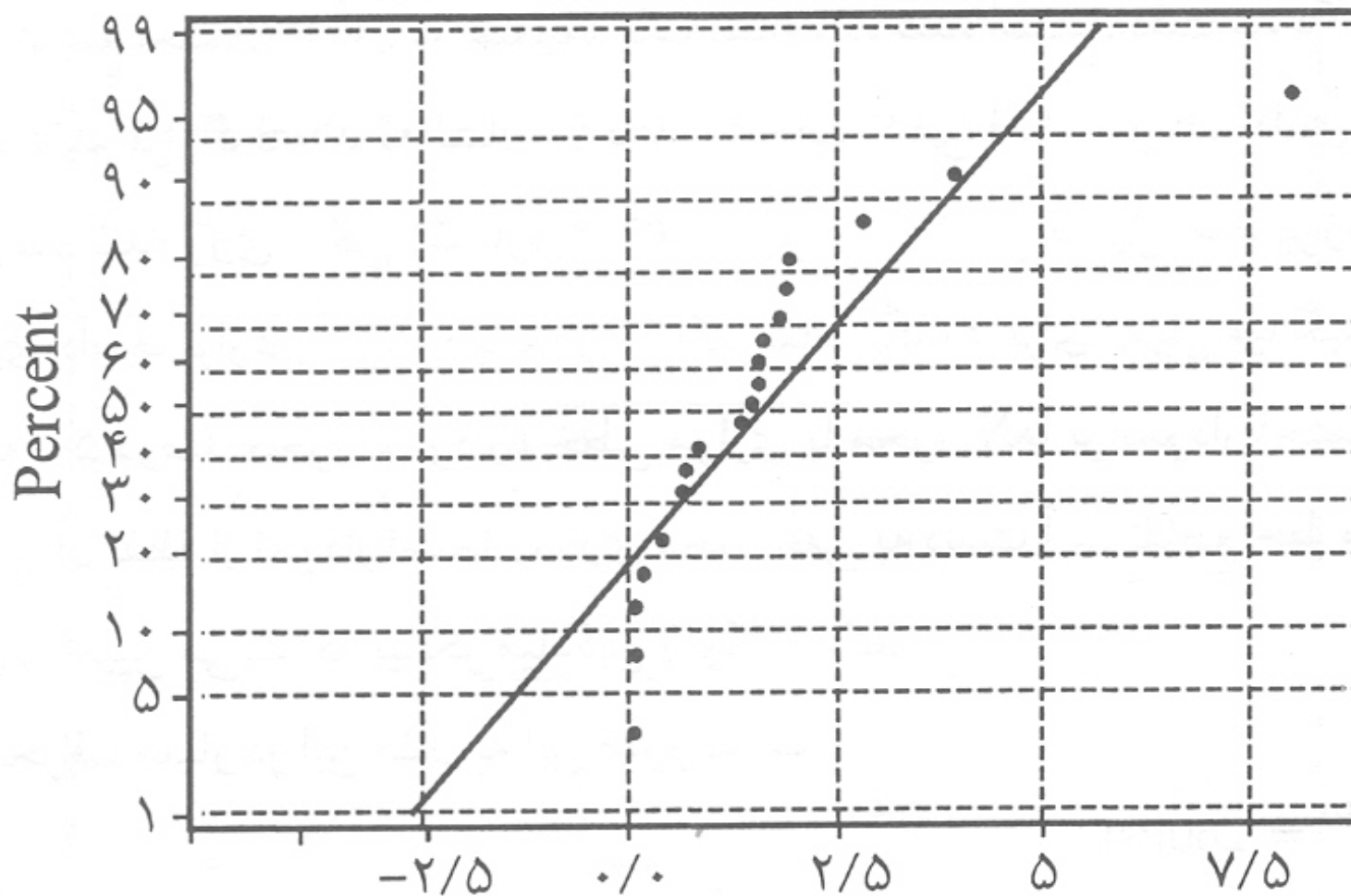


جدول ۱-۲: رتبه بندی قدرت تحمل در مقابل فشار

رتبه	آزمین قدرت تحمل در مقابل فشار X_j	مکان رسم شده مشاهده P_j
۱	۱۹۷	۰/۰۲۵
۲	۲۰۰	۰/۰۷۵
۳	۲۱۵	۰/۱۲۵
۴	۲۲۱	۰/۱۷۵
۵	۲۳۱	۰/۲۲۵
۶	۲۴۲	۰/۲۷۵
۷	۲۴۵	۰/۳۲۵
۸	۲۵۸	۰/۳۷۵
۹	۲۶۵	۰/۴۲۵
۱۰	۲۶۵	۰/۴۷۵
۱۱	۲۷۱	۰/۵۲۵
۱۲	۲۷۵	۰/۵۷۵
۱۳	۲۷۷	۰/۶۲۵
۱۴	۲۷۸	۰/۶۷۵
۱۵	۲۸۰	۰/۷۲۵
۱۶	۲۸۳	۰/۷۷۵
۱۷	۲۹۰	۰/۸۲۵
۱۸	۳۰۱	۰/۸۷۵
۱۹	۳۱۸	۰/۹۲۵
۲۰	۳۴۶	۰/۹۷۵

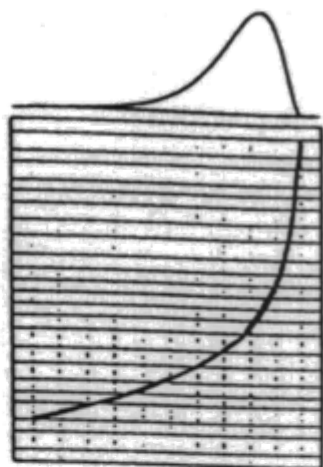


شکل ۲-۶: نمودار احتمال نرمال برای داده‌های مربوط به فشار سوپاپ

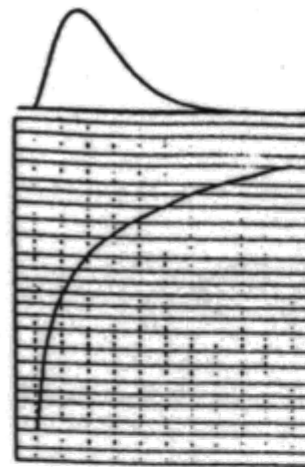


شکل ۲-۷: نمودار احتمال نرمال برای داده‌های غیر نرمال

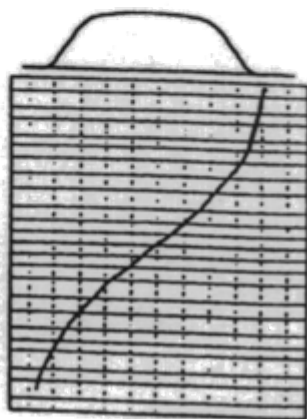
ب - چولگی چپ



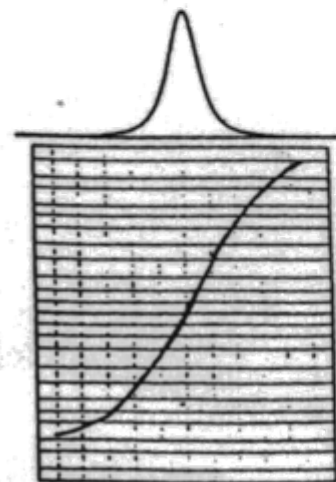
الف - چولگی راست



پ - توزیع محدود



ت - توزیع نامحدود



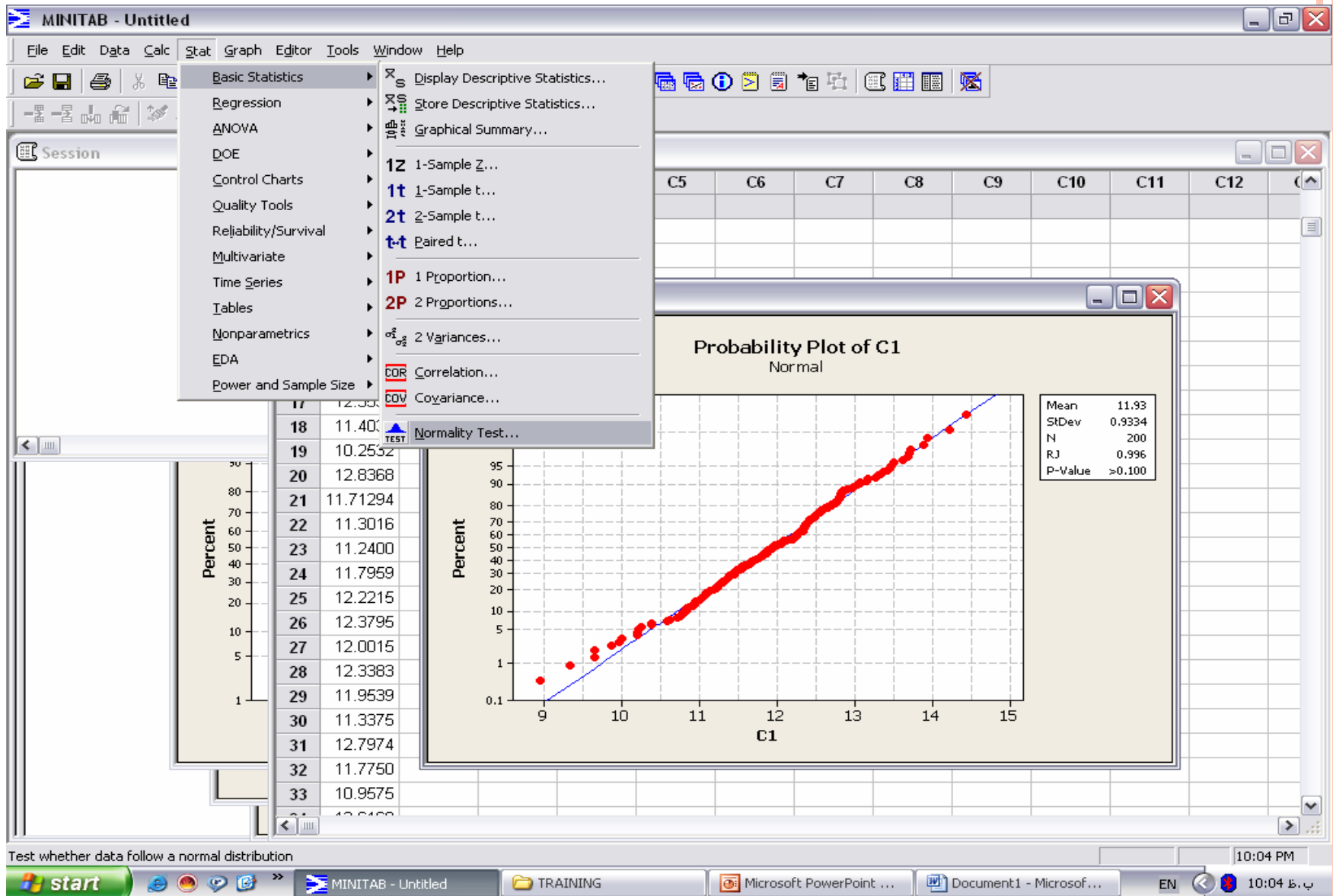
برخی از توزیع های غیر نرمال و نمودار احتمال نرمال آنها

قضیه مد مرکزی

میانگین نمونه هایی از هر جامعه با هر شکل توزیعی از توزیع نرمال پیروی می کند به شرطی که :

۱- اندازه نمونه ها به اندازه کافی باشد .

۲- نمونه ها به صورت تصادفی انتخاب گردند .



Anderson–Darling normality test

Anderson–
Darling
statistics (A^2)

Measures the area between the fitted line (based on chosen distribution) and the nonparametric step function (based on the plot points). The statistic is a squared distance that is weighted more heavily in the tails of the distribution. Smaller Anderson–Darling values indicates that the distribution fits the data better.

The Anderson–Darling normality test is defined as:

H_0 : The data follow a normal distribution.

H_A : The data do not follow a normal distribution.

Test Statistic: The Anderson–Darling test statistic is defined as

$$A^2 = -N - (1/N) \sum (2i - 1) \left(\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{N+1-i})) \right)$$

where:

$$F(Y_i) = \Phi \left((Y_i - \bar{X}) / s \right)$$

$\Phi \left((Y_i - \bar{X}) / s \right)$ is the cumulative distribution function of the standard normal distribution

Y_i are the ordered data.



P-value

Another quantitative measure for reporting the result of the Anderson–Darling normality test is the p-value. A small p-value is an indication that the null hypothesis is false.

If you know A^2 you can calculate the p-value.

Let:

$$A'^2 = A^2 * \left(1 + \frac{0.75}{N} + \frac{2.25}{N^2} \right)$$

Depending on A'^2 , you will calculate p with the following equations:

$$\text{If } 13 > A'^2 > 0.600 \quad p = \exp(1.2937 - 5.709 * A'^2 + 0.0186(A'^2)^2)$$

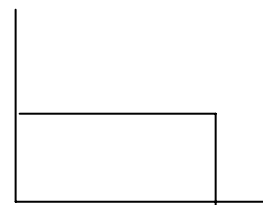
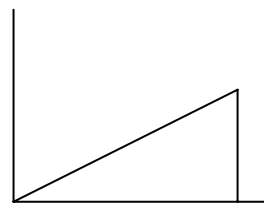
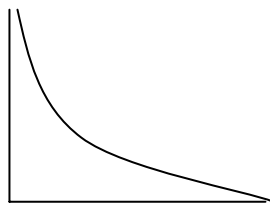
$$\text{If } 0.600 > A'^2 > 0.340 \quad p = \exp(0.9177 - 4.279 * A'^2 - 1.38(A'^2)^2)$$

$$\text{If } 0.340 > A'^2 > 0.200 \quad p = 1 - \exp(-8.318 + 42.796 * A'^2 - 59.938(A'^2)^2)$$

$$\text{If } A'^2 < 0.200 \quad p = 1 - \exp(-13.436 + 101.14 * A'^2 - 223.73(A'^2)^2)$$

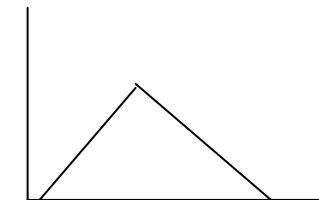
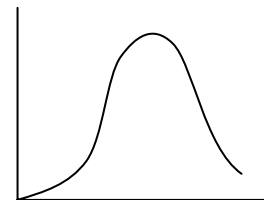
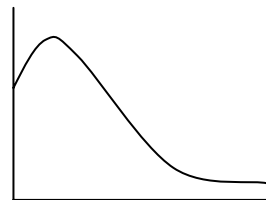


توزیع جامعه



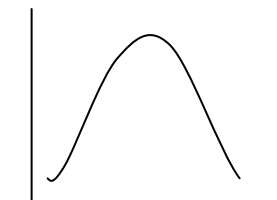
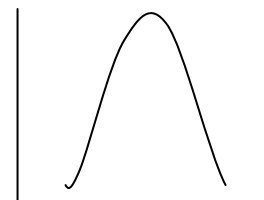
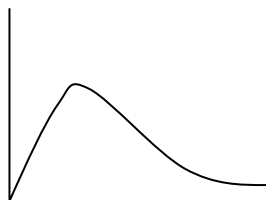
توزیع میانگین

$n=2$



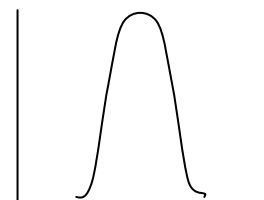
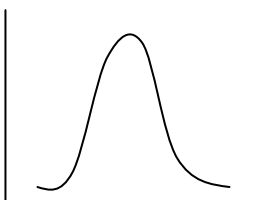
توزیع میانگین

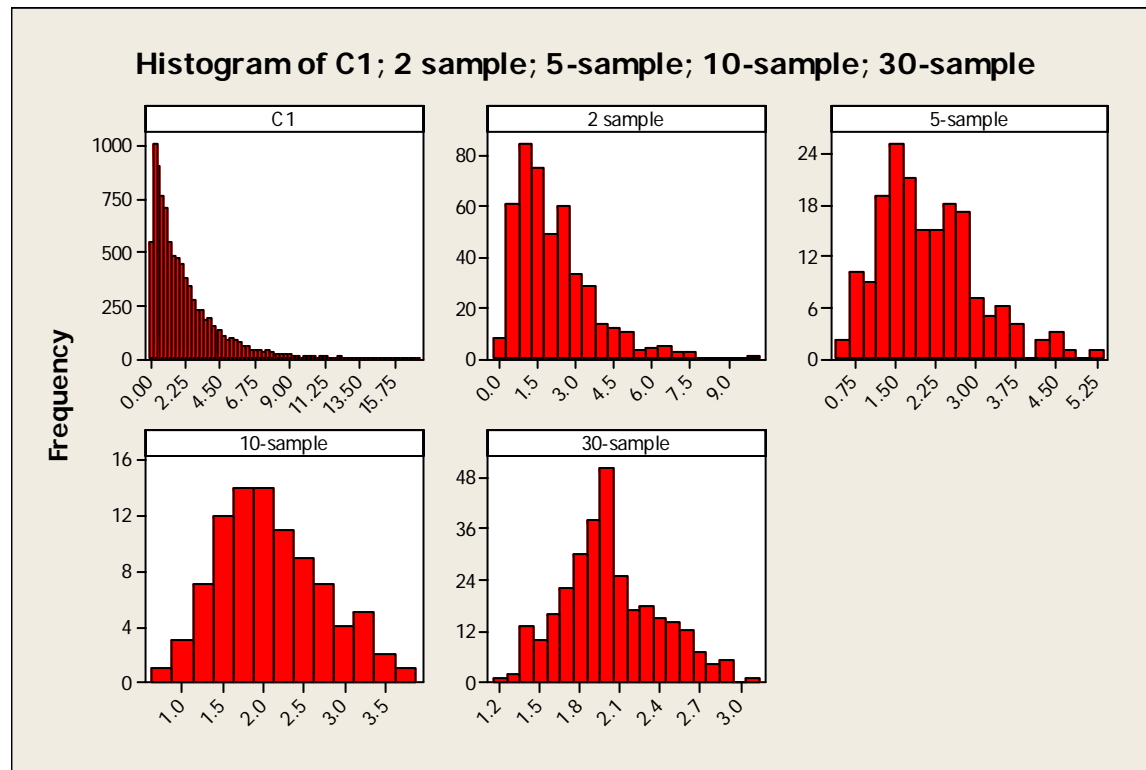
$n=4$



توزیع میانگین

$n=25$





توانایی فرآیند

ارتباط بین فرآیند تولید و حدود مورد نظر مشتری

Mohseni

یک فرآیند می تواند

در حدود مورد نظر مشتری باشد اما تحت کنترل نباشد.

تحت کنترل باشد اما پراکندگی تولید بیشتر از حدود تolerانس باشد.

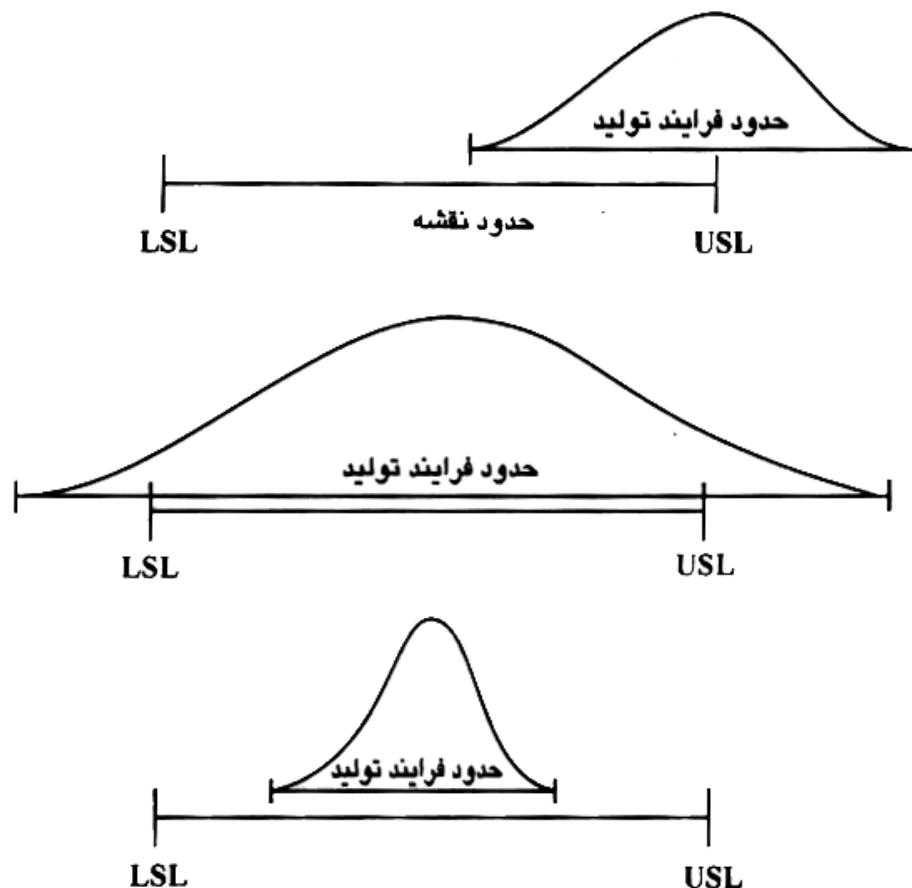
تحت کنترل باشد اما حول میانگین مطلوب مشتری توزیع نشده باشد.

شاخص های C_P و C_R

C_P معرف رابطه بین پراکندگی تولید و حدود تolerانس صرف نظر از میانگین تولید می باشد.

$$=C_P \frac{\text{حدود تolerانس نقشه}}{\text{حدود فرآیند تولید}} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} > C_R = \frac{1}{C_P}$$

مقایسه حدود فرآیند تولید با حدود مشخصات نقشه

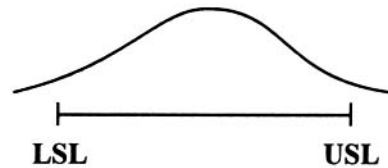


ارتباط بین توانایی فرآیند و انحراف معیار آن

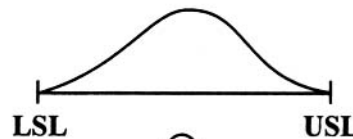
$C_P > 1$ فرآیند توانایی تولید قطعه در محدوده پذیرش مورد نظر مشتری را دارد.

$C_P = 1$ فرآیند توانایی تولید قطعه در محدوده تolerانس را با احتمال تولید قطعه معیوب

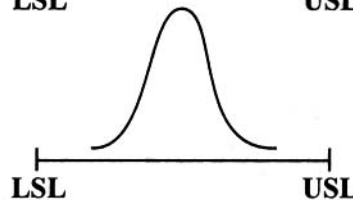
دارد.
 $C_P < 1$ فرآیند توانایی تولید قطعه در محدوده پذیرش مورد نظر مشتری را ندارد.



$C_P < 1$



$C_P = 1$



$C_P > 1$

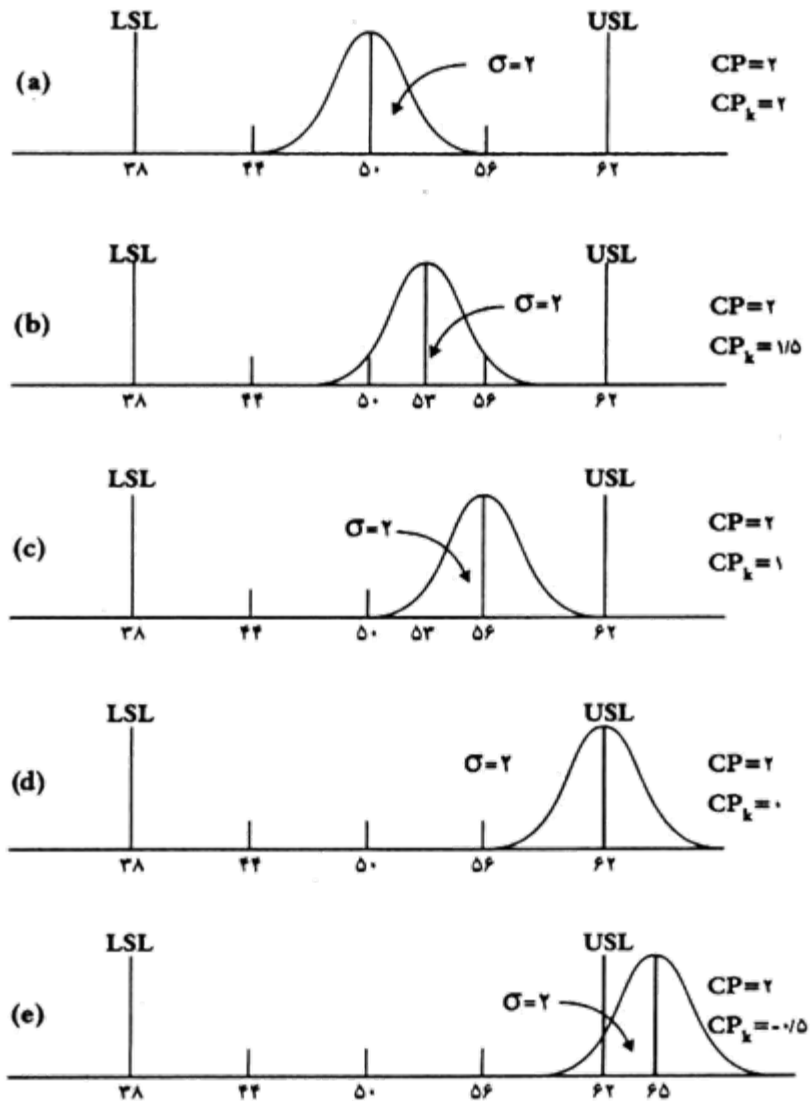
شاخص Cpk

Cpk بیانگر محل قرار گرفتن فرآیند نسبت به حدود تolerانس می باشد.

$$Cpk = \frac{\min \left\{ (USL - \bar{X}), (\bar{X} - LSL) \right\}}{3\sigma}$$

$$Cpk \leq Cp$$

همواره



مقایسه شاخص های توانایی

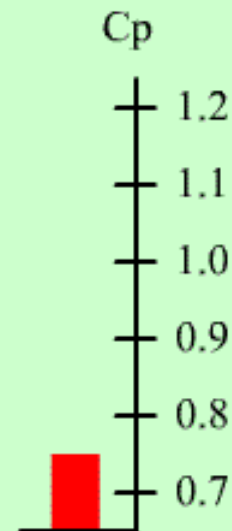
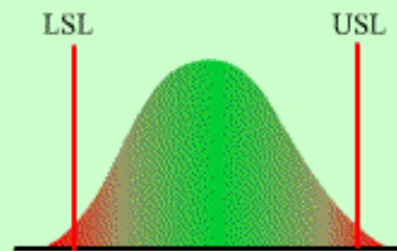
C_{PK} و C_P

PROCESS CAPABILITY INDICES

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \times \sigma}$$

Summarize process potential to meet two-sided specification limits.

- ▶ play
- stop
- ▶▶ step
- ◀ rew

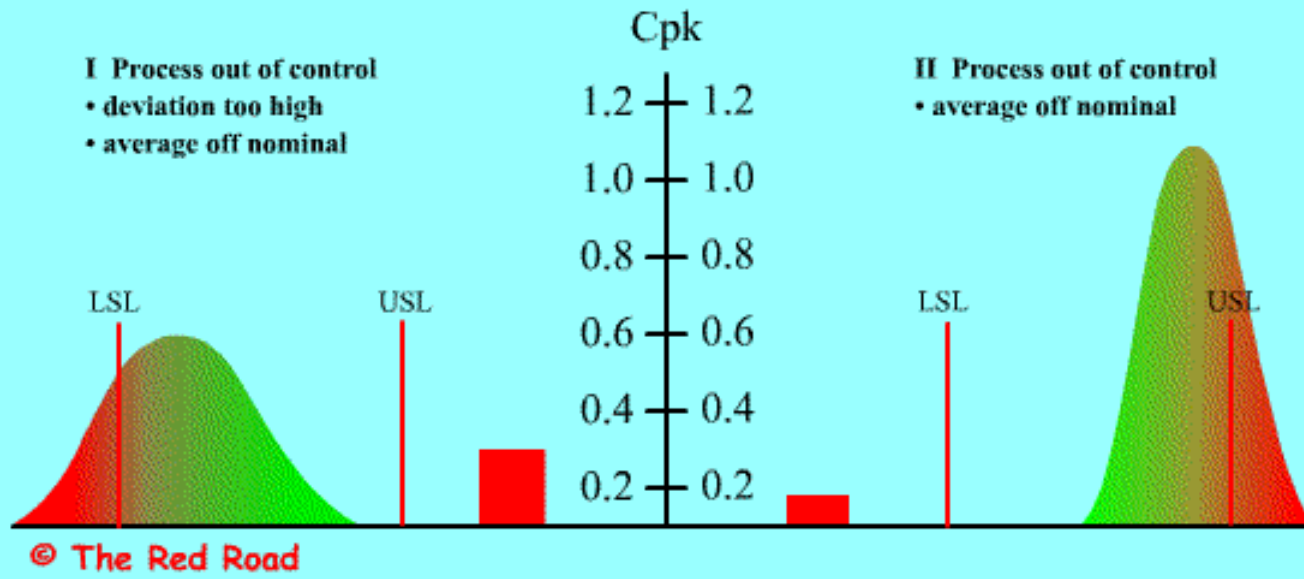


© The Red Road

- ▶ play
- stop
- ▶▶ step
- ◀ rew

$$Cpk = \frac{|\bar{m} - \bar{\bar{x}}|}{3 \times \sigma}$$

1. Summarize process potential to meet two-sided specification limits.
2. Cpk is a penalty factor for the process's being off nominal.



C_{PK} AND THE PERCENT OF MATERIAL OUT OF SPECIFICATION

Cpk	Proportion OOS
0.33	3.173E-01
0.67	4.550E-02
1.00	2.700E-03
1.33	6.337E-05
1.67	5.742E-07
2.00	1.980E-09
2.33	2.576E-12
2.67	1.332E-15



شاخص های توانایی فرآیند برای حدود تolerانس

یک طرفه C_{PU} و C_{PL}

$$C_{PU} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

مشخصاتی که فقط حد بالای تolerانس دارند

$$C_{PL} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

مشخصاتی که فقط حد پایین تolerانس دارند

شناختن های C_{PM} و C_{PMK} با توجه به هدف تولید

$$C_{PM} = \frac{USL - LSL}{6\tau}$$

$$10 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$$

T عدد اسمی نقشه

Mohseni

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\bar{X} - T)^2}$$

و یا هدف تولید

$$C_{PM} \leq C_P$$

همواره

شاخص C_{PMK}

$$C_{PMK} = \frac{\min \left\{ (USL - \bar{X}), (\bar{X} - LSL) \right\}}{3\tau}$$

T هدف فرآیند

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\bar{X} - T)^2}$$

USL , LSL : حدود مورد نظر مشتری

شاخص های توانایی برای فرآیندهای غیر نرمال PP_K و PP

$$PP = \frac{USL - LSL}{X_{0.135} - X_{99.865}}$$

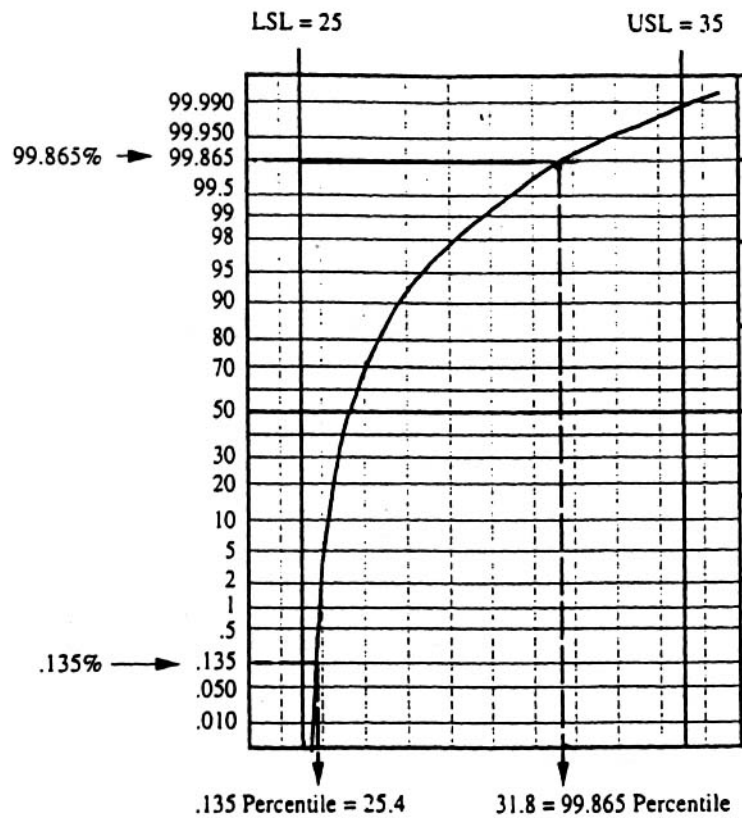
$X_{0.135}$ و $X_{99.865}$

با استفاده از نمودار احتمال نرمال بدست می آید.

$$PP = \frac{USL - LSL}{X_{99.865} - X_{0.135}} = \frac{35 - 25}{31.8 - 25.4} = 1.56$$

مثال

Mohseni



شاخص PP_K

$$PP_K = \min \left\{ \frac{X_{50} - LSL}{X_{50} - X_{0.135}}, \frac{USL - X_{50}}{X_{99.865} - X_{50}} \right\}$$

شاخص توانایی ماشین C_M و C_{MK}

توانایی ماشین در بهترین حالت برای

خریداری دستگاه تولیدی

تحویل گیری قالب

اطلاع از وضعیت دستگاه پس از تعمیرات

- .
- .
- .

روش تست S

زمانی استفاده می شود که بدایلی نتوانیم تعداد زیادی قطعه داشته باشیم .

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad \text{که در آن} \quad S = \frac{S_n}{USL - LSL}$$

Mohseni

N	.90		.95		.99	
	LCV _n	UCV _n	LCV _n	UCV _n	LCV _n	UCV _n
8	.0636	.1310	.0556	.1418	.0421	.1625
10	.0680	.1277	.0608	.1371	.0482	.1552
12	.0712	.1253	.0645	.1337	.0527	.1499
14	.0736	.1234	.0673	.1312	.0562	.1459
16	.0755	.1220	.0696	.1291	.0590	.1428
18	.0770	.1207	.0714	.1274	.0614	.1402
20	.0783	.1197	.0730	.1260	.0634	.1380
22	.0794	.1188	.0743	.1247	.0651	.1362
24	.0804	.1180	.0754	.1237	.0666	.1346
26	.0812	.1173	.0764	.1227	.0679	.1331
28	.0819	.1167	.0773	.1219	.0691	.1319
30	.0825	.1161	.0781	.1211	.0701	.1308

مقادیر تست S برای $CM > 1/67$

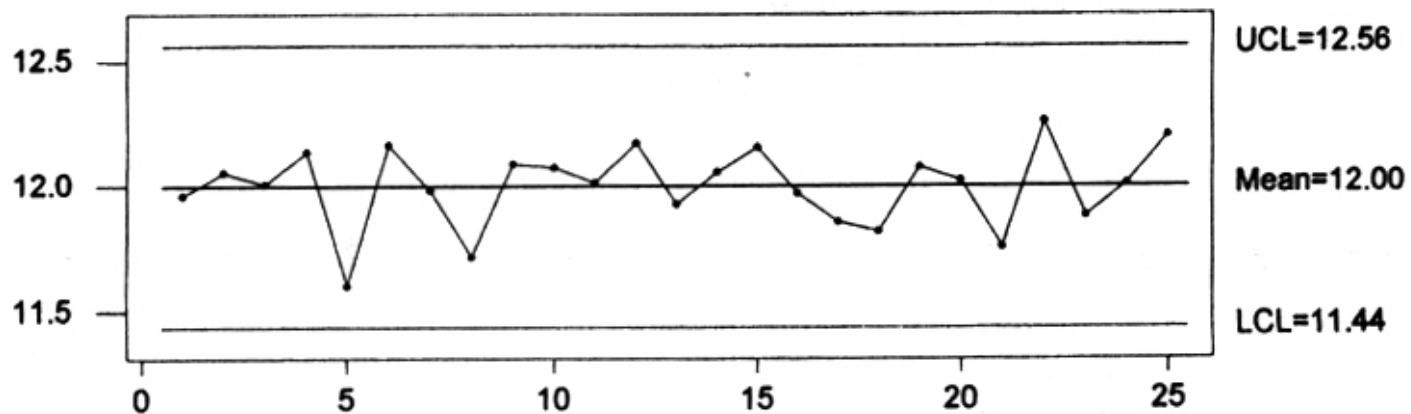
ماشین انتظارات را بر آورده می کند . $S < LCV_n$

ماشین انتظارات را بر آورده نمی سازد . $S > LCV_n$

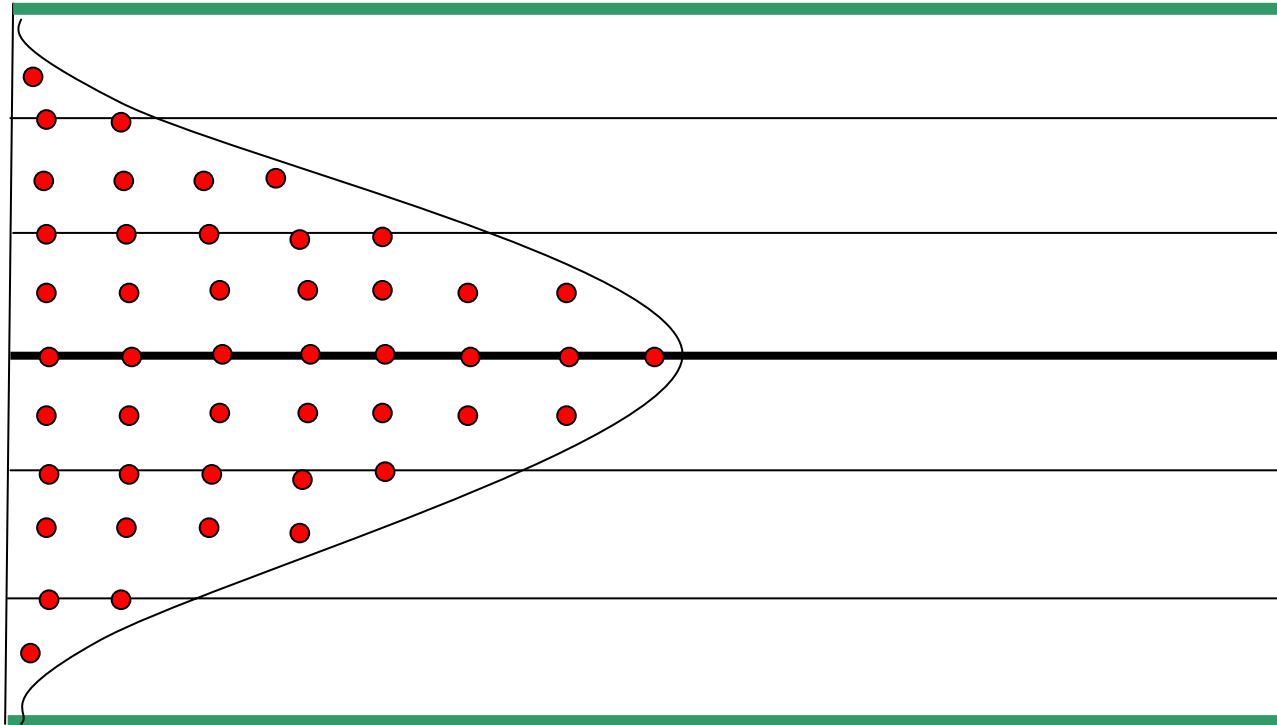
نمودار کنترل

مهمترین و پیچیده ترین ابزار SPC

Mohseni

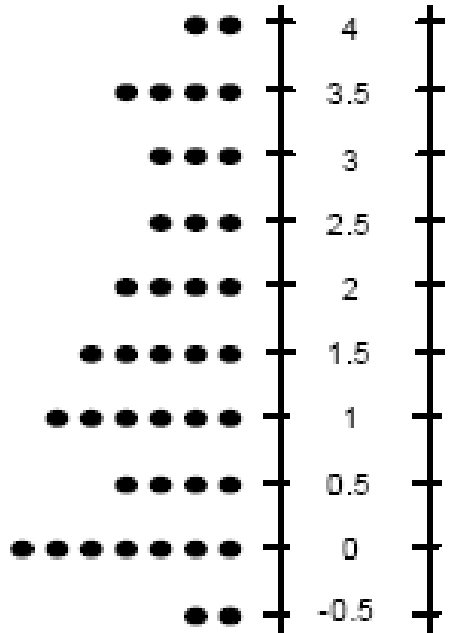


ارتباط نمودارهای کنترل با توزیع نرمال



هیستوگرام و روند زمانی

Supplier A



Supplier B

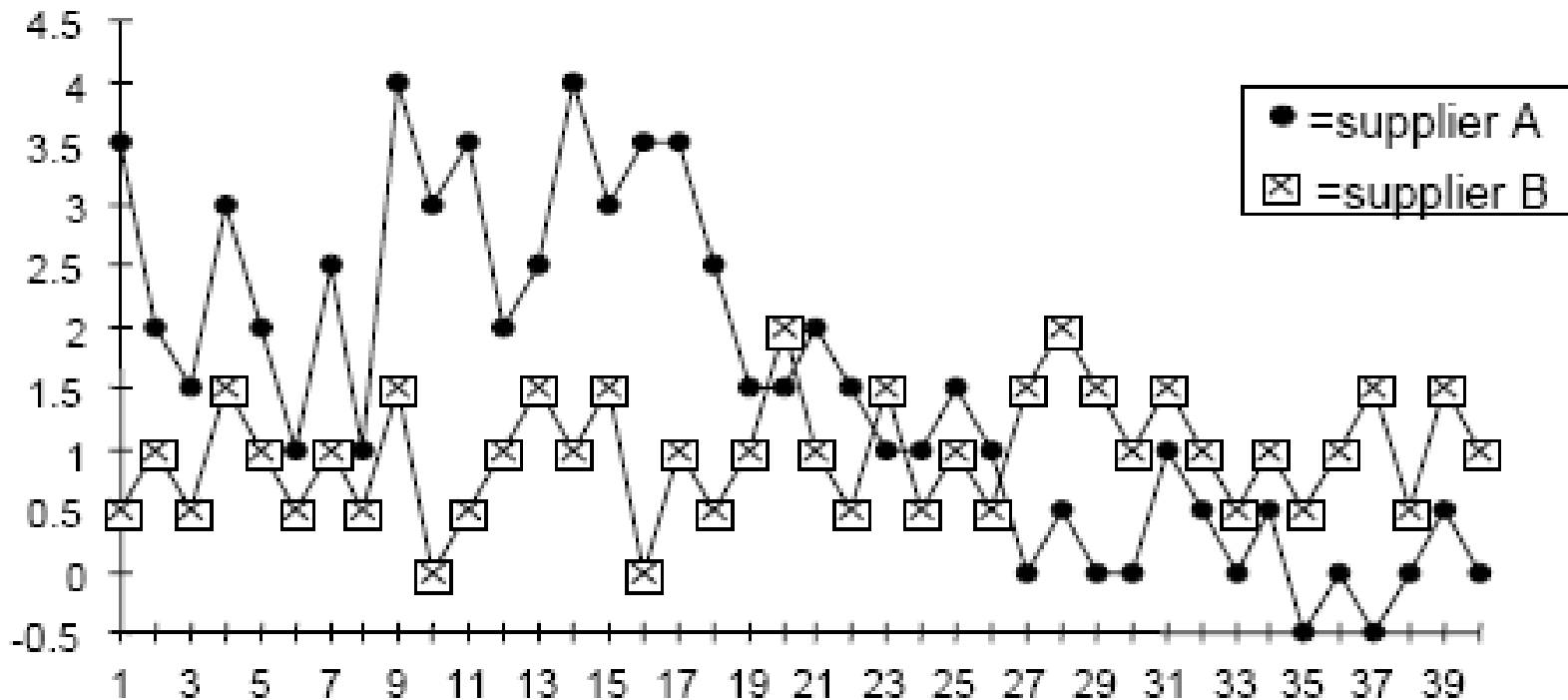
کدامیک از این ۲ تامین کننده عملکرد مناسب تری دارد؟

انحراف زمانی از موعد مقرر



هیستوگرام و روند زمانی

کدامیک از این ۲ تامین کننده عملکرد مناسب تری دارد؟



نمودار \bar{R}, X
نمودار \bar{S}, X
نمودار کنترل میانگین با دامنه متحرک
I-MR

نمودار P
نمودار nP
نمودار C
نمودار U

نمونه های کمی

نمونه های وصفی

انواع نمودارهای کنترلی

نمودار کنترلی \bar{X} , R

\bar{X} : میانگین هر گروه

R: پراکندگی داده ها در هر گروه

$\bar{\bar{X}}$: میانگین کل نمونه ها

$\bar{\bar{R}}$: میانگین پراکندگی ها

محاسبه حدود کنترلی برای نمودار \bar{X}

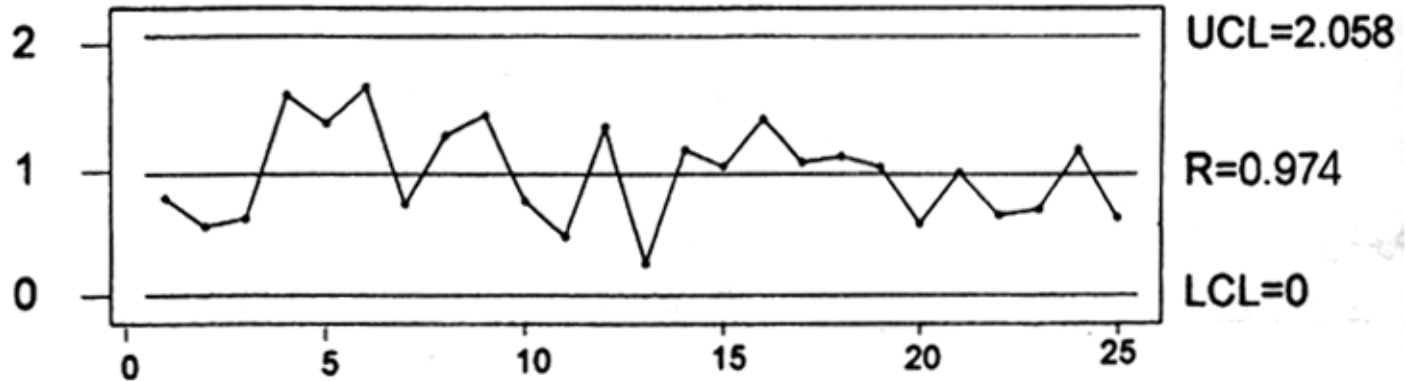
$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}}$$

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

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

A_2 مقدار ثابتی است که به اندازه نمونه ها بستگی دارد.

نمودار \bar{X} و R



محاسبه حدود کنترلی برای نمودار R

$$UCL = D_4 \bar{R}$$

$$CL = \bar{R}$$

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

از \bar{R} برای تخمین انحراف استاندارد S استفاده می شود.

شماره نمونه	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	\bar{X}	R
۱	۱۲/۲۴۵	۱۱/۴۶۲	۱۱/۹۱۲	۱۱/۴۶۲	۱۲/۲۳۱	۱۱/۴۶۲۸	-/۸۸۲
۲	۱۱/۴۶۲	۱۲/۲۲۶	۱۲/۱۸۲	۱۱/۳۳۹	۱۲/۳۱۸	۱۱/۴۶۲۸	-/۵۵۶
۳	۱۲/۲۱۸	۱۱/۹۹۴	۱۱/۹۲۵	۱۲/۲۶۱	۱۱/۶۳۳	۱۲/-۵۲۱	-/۶۱۸
۴	۱۲/۱۷۹	۱۲/-۶۵	۱۲/۸۵۹	۱۲/۲۲۰	۱۱/۲۶۴	۱۲/-۰۸۲	۱/۵۹۵
۵	۱۱/۴۶۸	۱۱/۹۲۸	۱۱/۳۷۱	۱۲/۲۰۱	۱۰/۹۳۳	۱۲/۱۳۷۳	۱/۴۶۸
۶	۱۱/۸۱۷	۱۲/۳۵۲	۱۱/۹۸۸	۱۱/۵۶۱	۱۲/۲۲۰	۱۲/۱۶۷۶	۱/۵۶۹
۷	۱۲/-۷۷	۱۱/۴۸۲	۱۲/۱۵۸	۱۲/۲۱۴	۱۱/۹۹۶	۱۱/۹۸۵۴	-/۳۳۲
۸	۱۲/۱۳۴	۱۱/-۲۰	۱۲/۲۰۶	۱۱/۵۸۲	۱۱/۵۱۷	۱۱/۳۲۵۶	۱/۳۷۶
۹	۱۱/۶۳۰	۱۲/۱۵۱	۱۱/۹۳۳	۱۱/۶۸۲	۱۲/-۶۱	۱۲/-۸۹۴	۱/۳۳۱
۱۰	۱۲/۳۳۲	۱۱/۸۵۵	۱۱/۶۲۸	۱۲/۲۶۹	۱۲/۳۸۶	۱۲/-۷۶۰	-/۷۵۸
۱۱	۱۲/-۹۵	۱۲/۳۷۱	۱۲/-۵۴	۱۱/۸۵۶	۱۱/۹۹۹	۱۲/-۱۳۷	-/۳۷۲
۱۲	۱۲/۹۲۹	۱۲/۵۷۶	۱۱/۵۹۱	۱۱/۳۳۳	۱۲/-۵۶	۱۲/۱۳۷۱	۱/۳۳۷
۱۳	۱۱/۸۱۳	۱۱/۸۲۶	۱۲/-۶۱	۱۲/-۸۰	۱۱/۸۵۵	۱۱/۹۲۹۰	-/۲۵۸
۱۴	۱۲/۱۵۲	۱۱/۳۱۲	۱۲/۱۳۶	۱۲/۲۷۵	۱۲/۲۱۰	۱۲/-۵۷۲	۱/۱۶۲
۱۵	۱۱/۶۰۰	۱۱/۳۳۹	۱۲/-۳۵	۱۲/۴۶۸	۱۲/۷۸۲	۱۲/۱۵۸۸	۱/-۳۴
۱۶	۱۲/۲۰۵	۱۲/۶۰۴	۱۱/۵۷۶	۱۱/۲۰۵	۱۲/-۷۰	۱۱/۹۲۱۸	۱/۳۹۸
۱۷	۱۱/۶۷۰	۱۱/۸۶۴	۱۲/۳۱۴	۱۲/۱۹۴	۱۱/۲۳۵	۱۱/۸۵۷۲	۱/-۶۹
۱۸	۱۱/۴۶۲	۱۲/۳۷۷	۱۱/۴۰۲	۱۲/۲۲۰	۱۱/۳۳۳	۱۱/۸۱۸۸	۱/۱۱۴
۱۹	۱۲/۱۲۰	۱۱/۵۱۷	۱۲/۱۲۲	۱۲/-۹۰	۱۲/۵۳۷	۱۲/-۷۹۴	۱/-۲۰
۲۰	۱۲/۲۰۹	۱۱/۹۳۷	۱۱/۸۳۱	۱۲/-۵۹	۱۱/۸۷۸	۱۲/-۲۳۰	-/۵۷۸
۲۱	۱۱/۶۰۰	۱۲/۱۳۴	۱۱/۸۷۶	۱۱/۶۳۷	۱۱/۱۵۴	۱۱/۵۵۵۹	-/۹۸۹
۲۲	۱۲/۳۹۰	۱۲/۲۸۹	۱۲/۲۵۰	۱۲/۵۱۴	۱۱/۸۷۰	۱۲/۲۶۲۵	-/۶۳۳
۲۳	۱۱/۴۴۵	۱۱/۳۳۲	۱۱/۵۷۷	۱۲/۳۷۱	۱۱/۸۸۴	۱۱/۸۷۹۸	-/۶۹۴
۲۴	۱۲/۱۳۲	۱۲/۶۲۶	۱۱/۹۲۵	۱۲/-۹۱	۱۱/۴۶۷	۱۲/-۱۰۴	۱/۱۶۰
۲۵	۱۲/-۲۷	۱۲/۳۹۷	۱۲/۶۱۶	۱۱/۹۹۴	۱۱/۹۹۵	۱۲/۲۰۵۵	-/۶۳۳

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{25} R_i}{25} = 0.974$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{25} \bar{X}_i}{25} = 12$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2.058$$

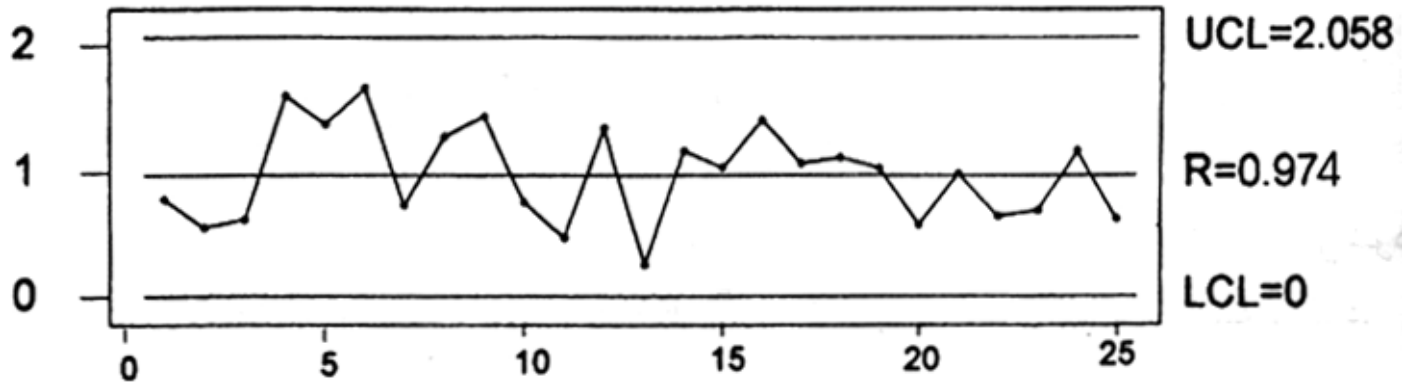
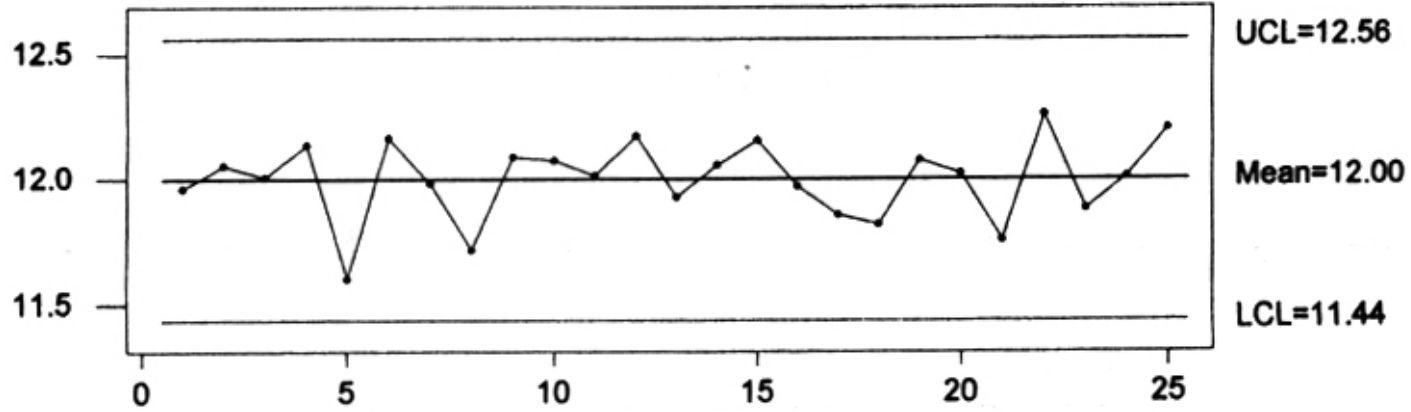
$$CL = 0.974$$

$$LCL = 0$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 12.556$$

$$CL = \bar{\bar{X}} = 12$$

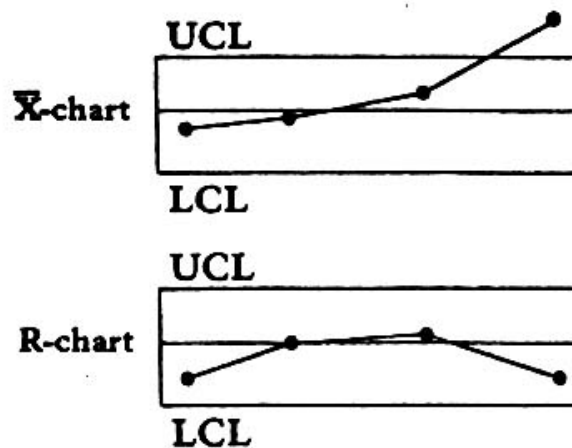
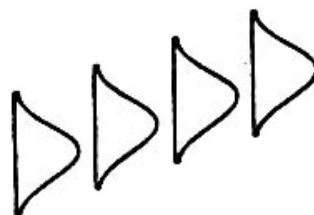
$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 11.44$$



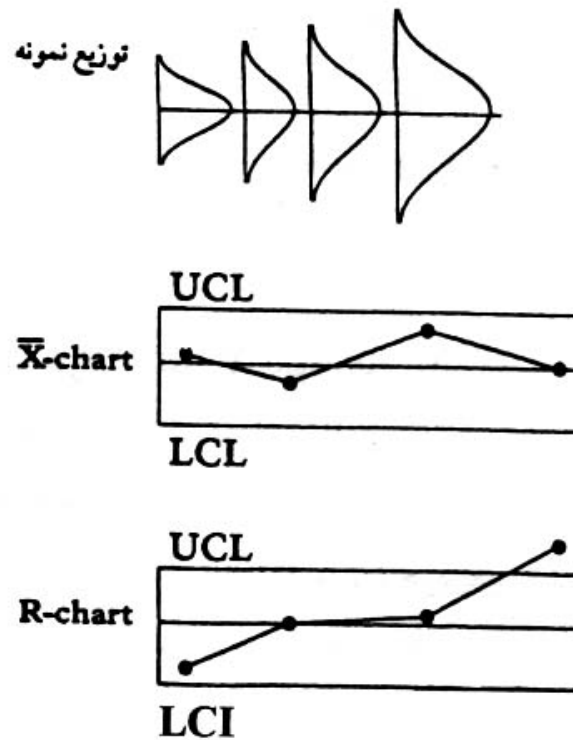
بروز علت اکتسابی مؤثر بر میانگین

مثلا تغییر تنظیم اولیه دستگاه در نمودار \bar{X} مشخص شده اما در نمودار R قابل تشخیص نمی باشد.

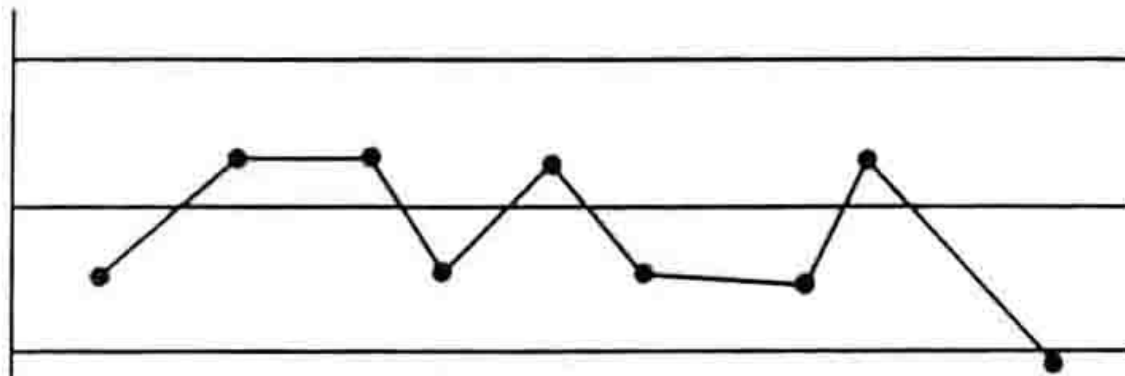
توزیع نمونه



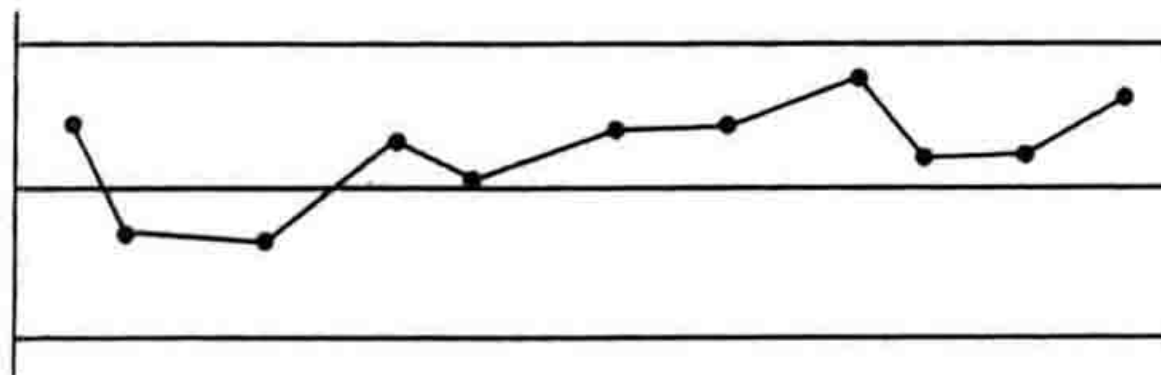
بروز علت اکتسابی مؤثر بر پراکندگی داده ها



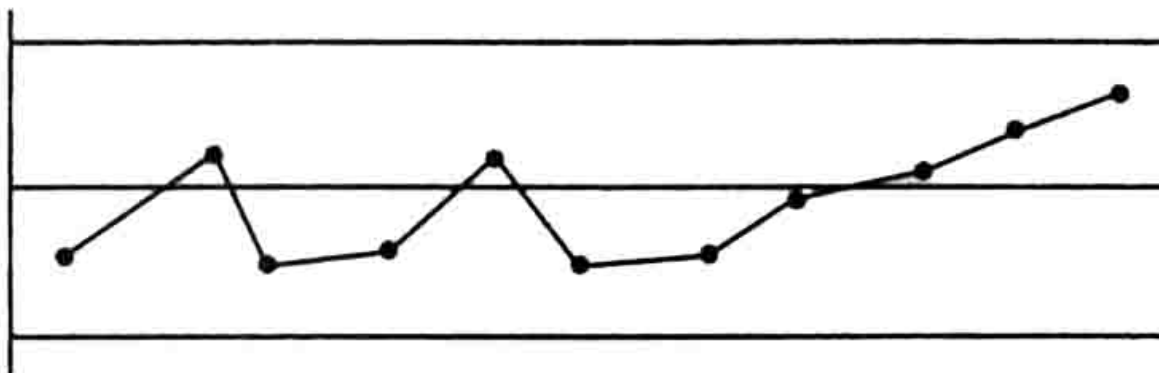
۱ - یک نقطه خارج از حدود بالا یا پایین نمودار کنترل :



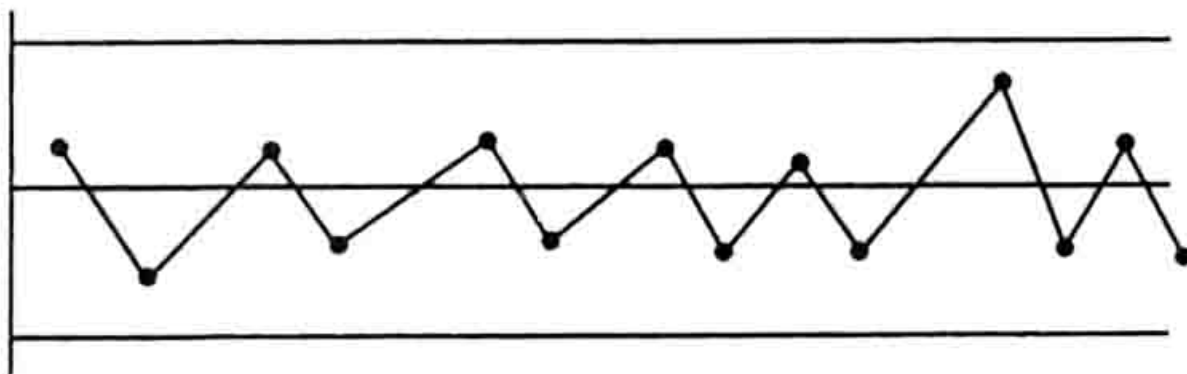
۲ - نه نقطه پشت سرهم در یک طرف خط مرکزی :



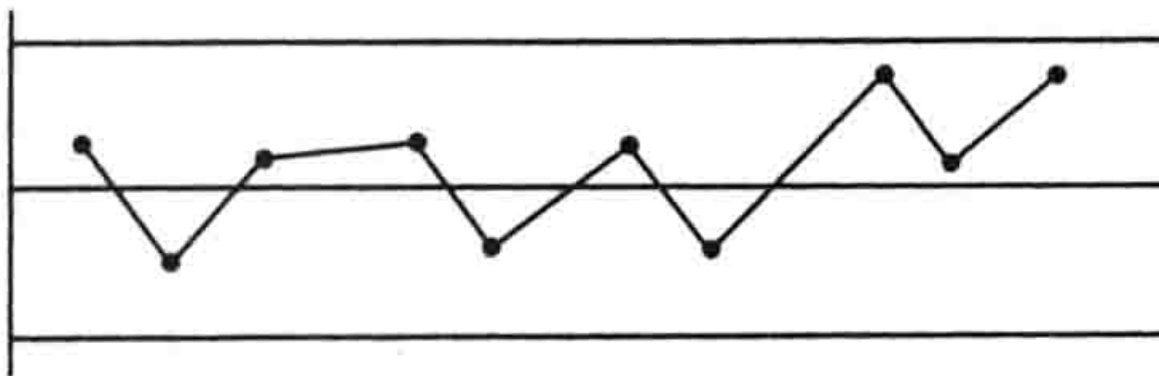
۳ - شش نقطه پشت سرهم به صورت صعودی یا نزولی :



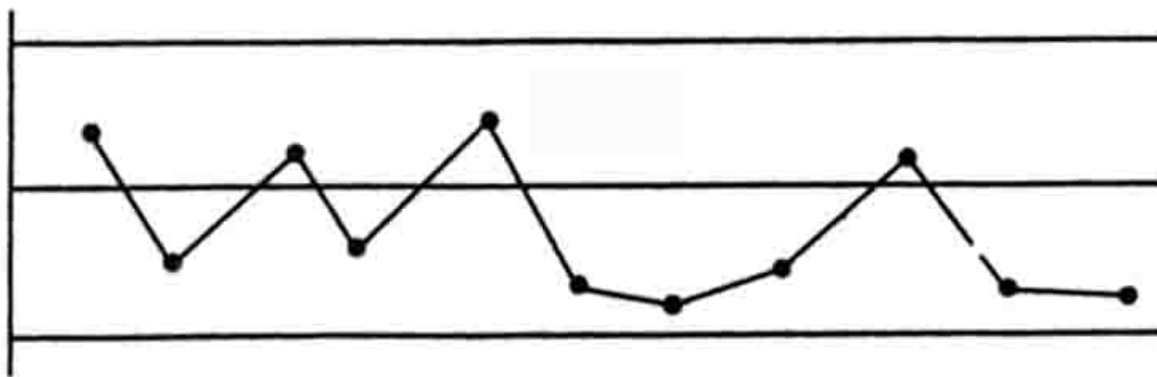
۴ - چهارده نقطه پشت سرهم یک در میان بالا و پایین :



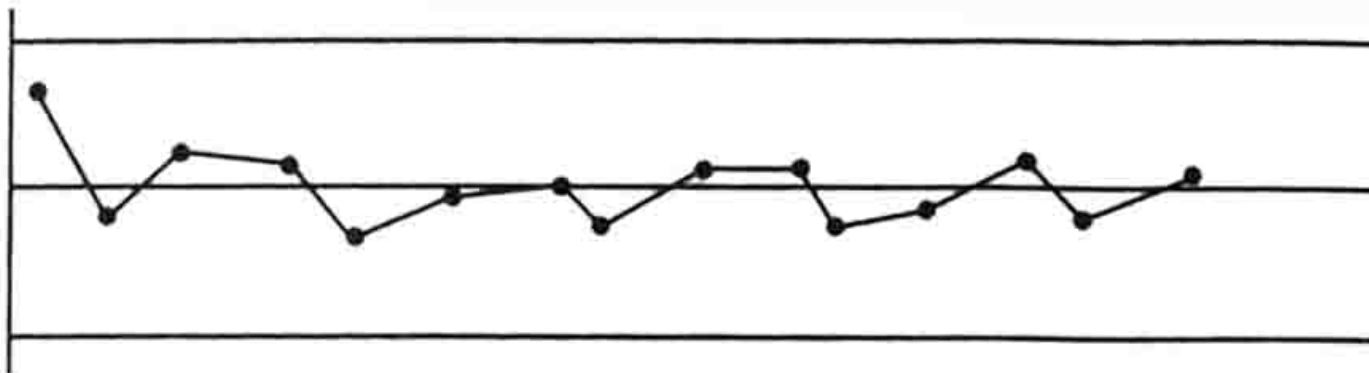
۵ - دو نقطه از سه نقطه متوالی در حدود یک سوهِ انتهایی نمودار
کنترل (در یک طرف) :



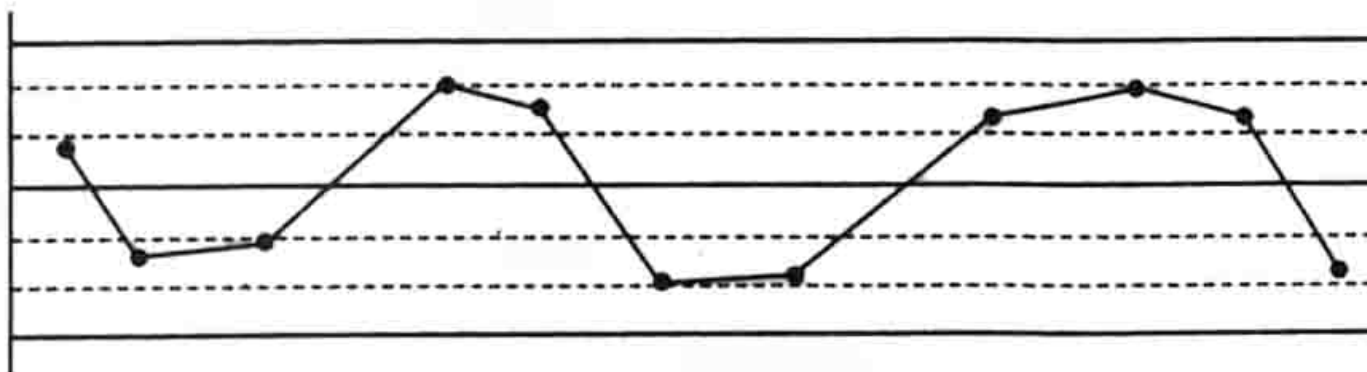
۶ - چهار نقطه از پنج نقطه متوالی در حدود دو سوهِ انتهایی نمودار
کنترل (در یک طرف) :



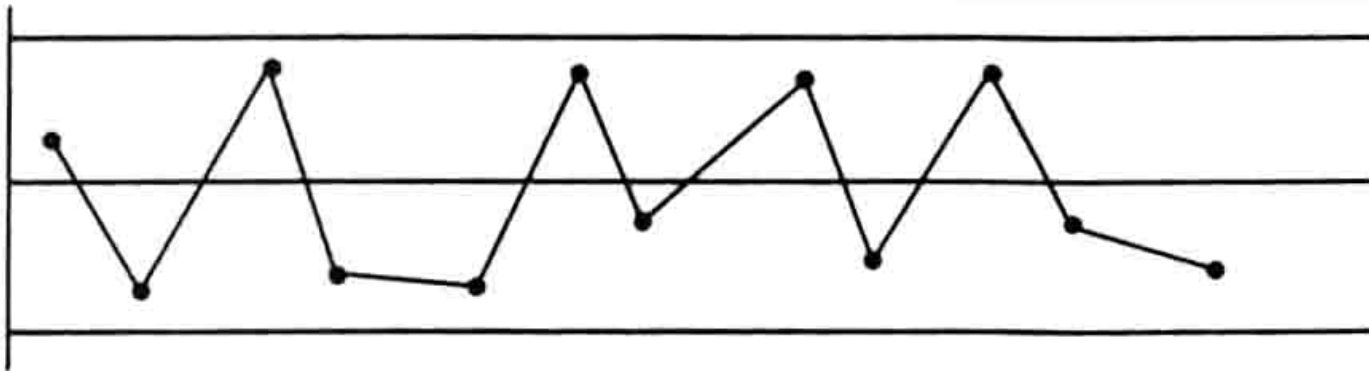
۷ - پانزده نقطه پشت سرهم داخل حدود یک سوهم از خط مرکزی
(در هر دو طرف) :



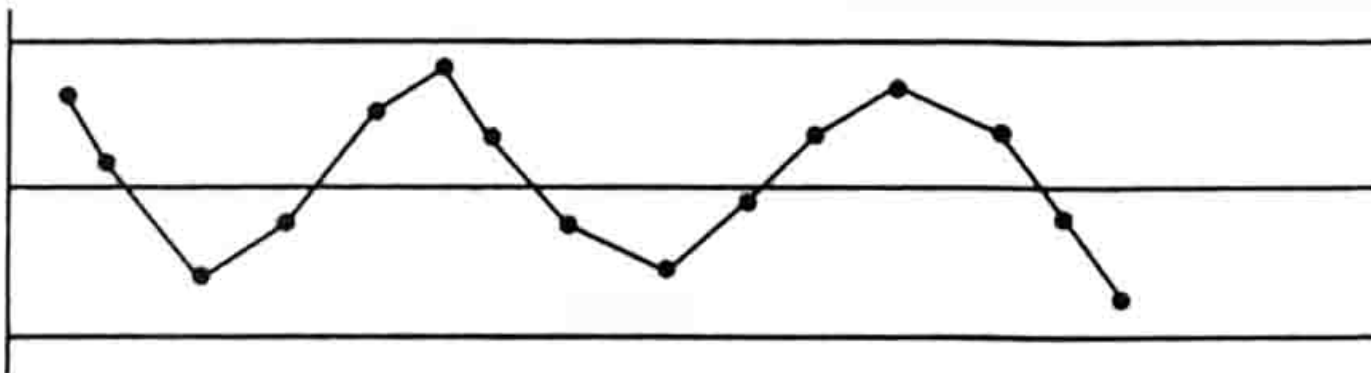
۸ - هشت نقطه پشت سرهم خارج از حدود یک سوهم از خط مرکزی
(در هر دو طرف) :



۹ - رفتارهای آشفته و غیرتصادفی :



۱۰ - رفتار سیکلی :



با کمک این قوانین می توان با مشاهده یک نمودار کنترل، درباره تحت کنترل بودن یا خارج از کنترل بودن آن اظهار نظر کرد.

نمودار کنترل \bar{X} , S

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\bar{S}}{C_4 \sqrt{n}}$$

$$UCL = B_4 \bar{S}$$

$$CL = \bar{S}$$

$$LCL = B_3 \bar{S}$$

حدود کنترل
S نمودار

$$UCL = \bar{X} + \bar{A}_3 \bar{S}$$

$$CL = \bar{X}$$

$$LCL = \bar{X} - \bar{A}_3 \bar{S}$$

حدود کنترل
X نمودار

شماره نمونه	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	\bar{X}	S
1	12.245	11.463	11.912	11.963	12.231	11.963	0.318
2	11.763	12.226	12.184	11.779	12.318	12.054	0.263
3	12.218	11.994	11.925	12.261	11.643	12.008	0.249
4	12.179	12.065	12.859	12.32	11.264	12.137	0.575
5	11.468	11.928	11.371	12.301	10.933	11.6	0.528
6	11.717	12.352	11.988	11.561	13.22	12.168	0.66
7	12.077	11.482	12.158	12.214	11.996	11.985	0.293
8	12.144	11.03	12.306	11.582	11.517	11.716	0.515
9	11.63	12.151	11.923	11.682	13.061	12.089	0.581
10	12.242	11.855	11.628	12.269	12.386	12.076	0.32
11	12.095	12.271	12.053	11.856	11.799	12.015	0.191
12	12.929	12.576	11.591	11.734	12.056	12.177	0.565
13	11.823	11.826	12.061	12.08	11.855	11.929	0.13
14	12.153	11.312	12.136	12.475	12.21	12.057	0.438
15	11.96	11.749	12.035	12.268	12.783	12.159	0.395
16	12.405	12.604	11.576	11.205	12.07	11.972	0.579
17	11.67	11.864	12.314	12.194	11.245	11.857	0.428
18	11.262	12.377	11.402	12.32	11.733	11.819	0.513
19	12.12	11.517	12.122	12.09	12.547	12.079	0.367
20	12.409	11.937	11.831	12.059	11.878	12.023	0.232
21	11.96	12.143	11.876	11.647	11.154	11.756	0.381
22	12.39	12.289	12.25	12.514	11.87	12.263	0.242
23	11.945	11.722	11.577	12.271	11.884	11.88	0.262
24	12.142	12.626	11.725	12.091	11.467	12.01	0.441
25	12.027	12.397	12.616	11.993	11.995	12.206	0.286

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^{25} S_i}{25} = 0.39$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{25} X_i}{25} = 12$$

$$UCL = B_4 \bar{S} = 0.815$$

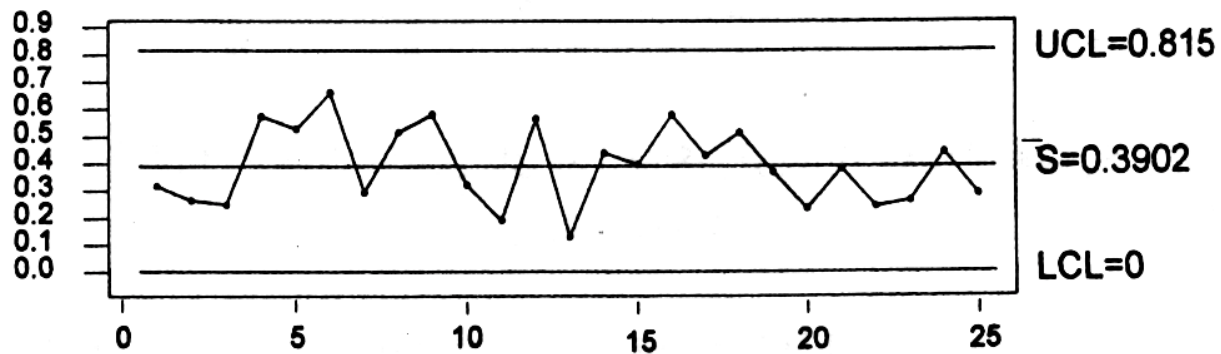
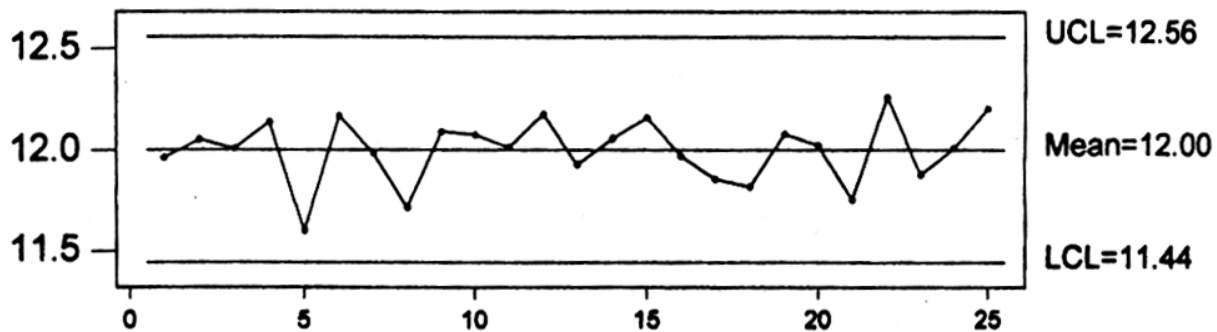
$$CL = \bar{S} = 0.39$$

$$LCL = B_3 \bar{S} = 0$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} = 12.56$$

$$CL = \bar{\bar{X}} = 12$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} = 11.44$$



نمودار کنترلی برای اندازه گیری های انفرادی I-MR

- اندازه گیری مشخصه مورد نظر بطور خود کار انجام می شود .
- تغییرات مشخصه کیفی مورد نظر در مدت زمان کم محسوس نیست .
- نرخ تولید کم است .
- فرآیند نمونه گیری و یا اندازه گیری بسیار زمان گیر یا پرهزینه است .
- اندازه گیری مخرب می باشد .

نمودار کنترلی (I-MR)

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}|$$

$$\sigma = \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$CL = \bar{X}$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

نمودار I برای
بررسی میانگین

$$UCL = D_4 \overline{MR}$$

$$CL = \overline{MR}$$

$$LCL = D_3 \overline{MR}$$

نمودار MR برای
بررسی پراکندگی
داده ها

شماره نمونه	ویسکوزیته	MR _i
1	13.04	*
2	12.99	0.05
3	13.06	0.07
4	13.01	0.05
5	13.04	0.03
6	12.96	0.08
7	13.13	0.17
8	13.05	0.08
9	13.05	0
10	13	0.05
11	13.02	0.02
12	13.04	0.02
13	13.06	0.02
14	12.94	0.12
15	12.94	0
16	12.98	0.04
17	13.01	0.03
18	12.91	0.1
19	12.89	0.02
20	13	0.11
21	13.09	0.09
22	12.97	0.12
23	12.93	0.04
24	13.02	0.09
25	12.99	0.03

مثال :

در فرآیند لاک زنی ، قطعات داخل وان لاک غوطه‌ور می شوند .

تغییر غلظت محلول بر روی کیفیت لایه لاک تأثیر گذار است .

هر ساعت ۱ بار ویسکوزیته محلول اندازه گیری می شود .

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^{24} MR_i}{24} = 0.05958$$

به ازاء $n=2$

$$UCL_{MR} = 3.267 \times 0.059 = 0.1927$$

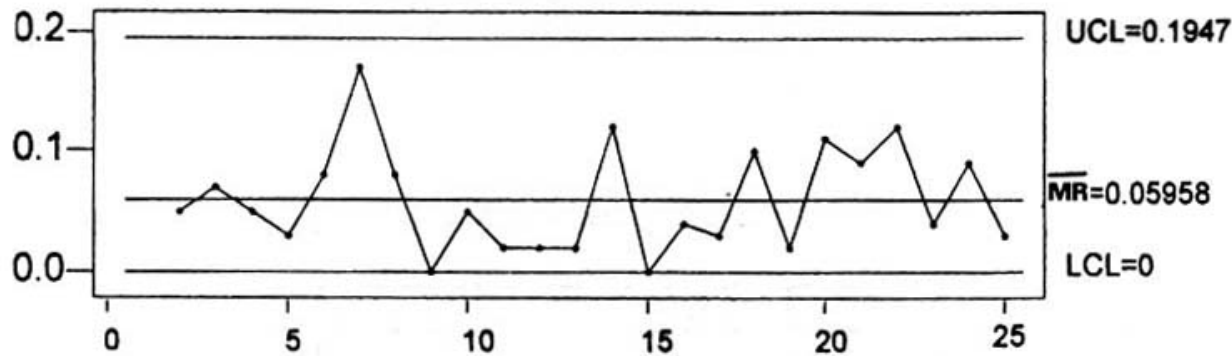
$$LCL_{MR} = 0$$

$$D_3 = 0$$

$$D_4 = 0.267$$

Mohseni

www.rgseng.com

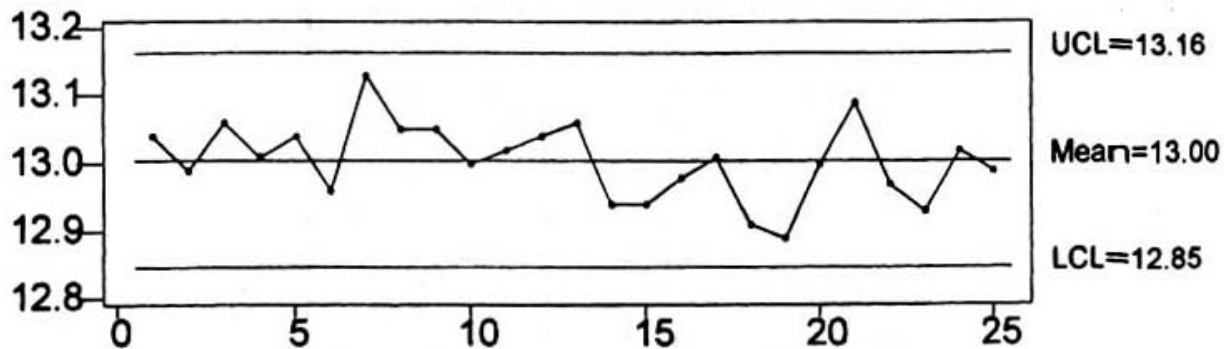


با توجه به اینکه نمودار MR تحت کنترل است ،
نمودار I بررسی می گردد .

$$CL = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{25} X_i}{25} = 13$$

$$UCL = 13 + 3 \times \frac{0.058}{1.128} = 13.16$$

$$LCL = 13 - 3 \times \frac{0.058}{1.128} = 12.84$$



نمودارهای کنترل ویژگی وصفی

نمودار کنترل نسبت اقلام معیوب - نمودار P

نمودار کنترل تعداد اقلام معیوب - نمودار

nP

نمودار کنترل تعداد عیوب - نمودار C

نمودار کنترل تعداد عیوب در واحد - نمودار U

P نمودارهای کنترلی

$$\bar{P}_i = \frac{\text{تعداد اقلام معیوب}}{\text{تعداد اقلام تولیدی بازرسی شده}}$$

$$\sigma_{P_i} = \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}}$$

$$UCL = \bar{P} + 3\sigma_{P_i}$$

$$CL = \bar{P}$$

$$LCL = \bar{P} - 3\sigma_{P_i}$$

حدود کنترلی
نمودار P

شماره نمونه	تعداد قطعات معیوب	P_i
۱	۳۵	۰/۱۷۵
۲	۳۲	۰/۱۶۵
۳	۳۳	۰/۱۶۵
۴	۳۳	۰/۱۶۵
۵	۳۱	۰/۱۵۵
۶	۳۴	۰/۱۷۵
۷	۳۲	۰/۱۶۵
۸	۲۸	۰/۱۴۵
۹	۳۲	۰/۱۶۵
۱۰	۲۴	۰/۱۲۵

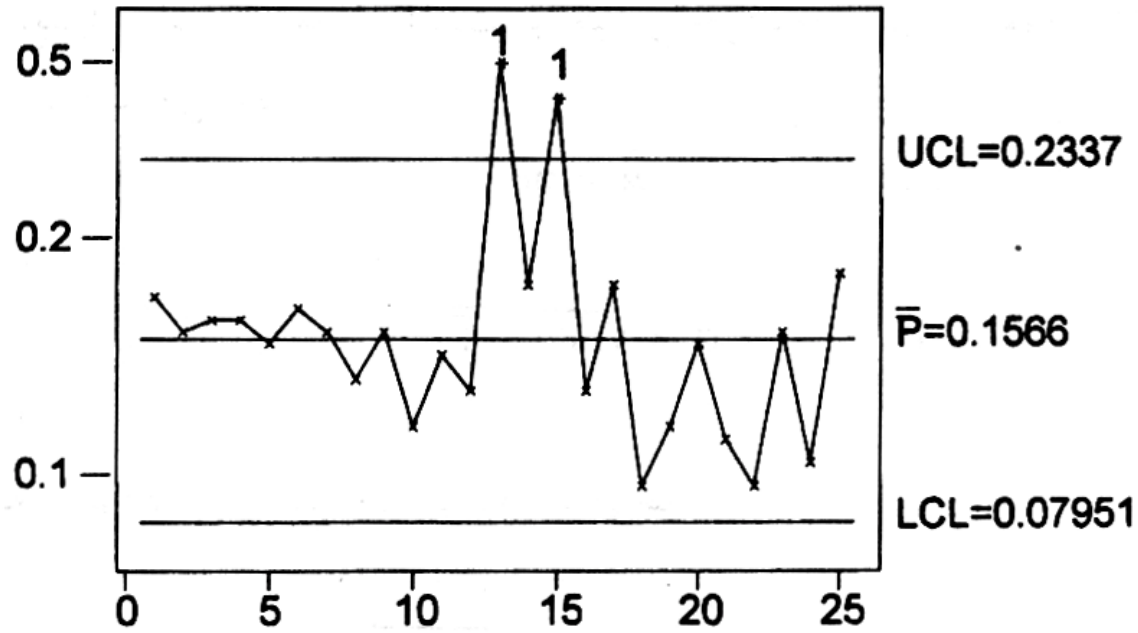
شماره نمونه	تعداد قطعات معیوب	P_i
۱۱	۳۰	۰/۱۵۵
۱۲	۲۷	۰/۱۳۵
۱۳	۵۵	۰/۲۷۵
۱۴	۳۶	۰/۱۸۵
۱۵	۵۲	۰/۲۶۵
۱۶	۲۷	۰/۱۳۵
۱۷	۳۶	۰/۱۸۵
۱۸	۱۹	۰/۰۹۵
۱۹	۲۴	۰/۱۲۵
۲۰	۳۱	۰/۱۵۵
۲۱	۲۳	۰/۱۱۵
۲۲	۱۹	۰/۰۹۵
۲۳	۳۲	۰/۱۶۵
۲۴	۲۱	۰/۱۰۵
۲۵	۳۷	۰/۱۸۵

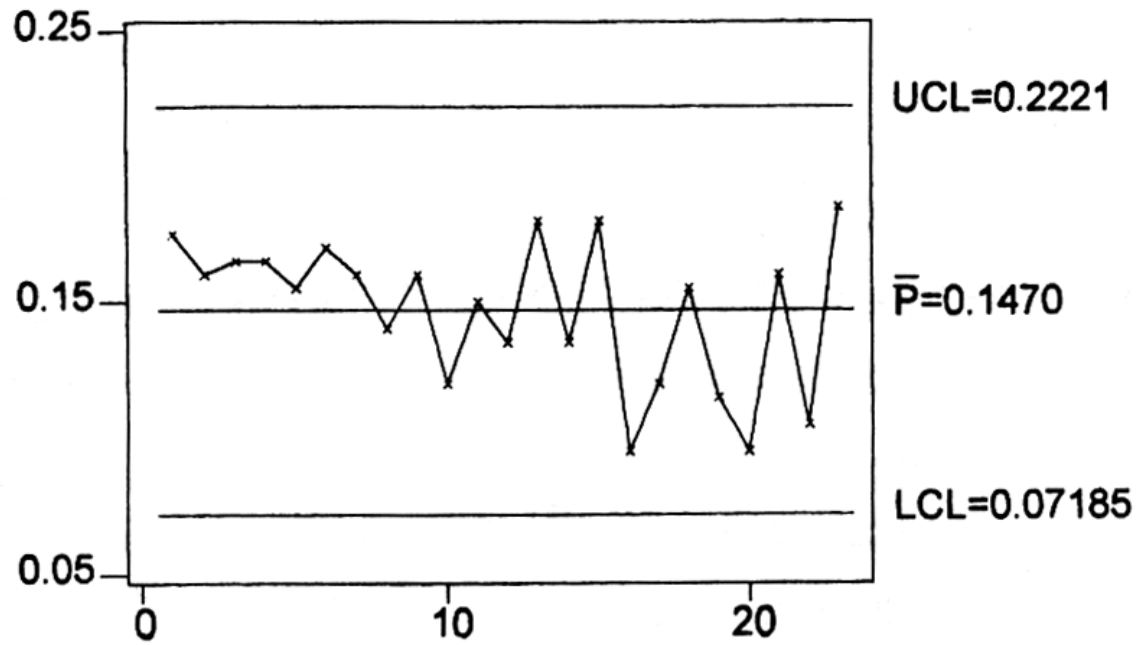
$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{25} P_i}{25} = 0.1566$$

$$UCL = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{n \bar{P} (1 - \bar{P})}{n}} = 0.2337$$

$$CL = \bar{P} = 0.1566$$

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{n \bar{P} (1 - \bar{P})}{n}} = 0.07951$$





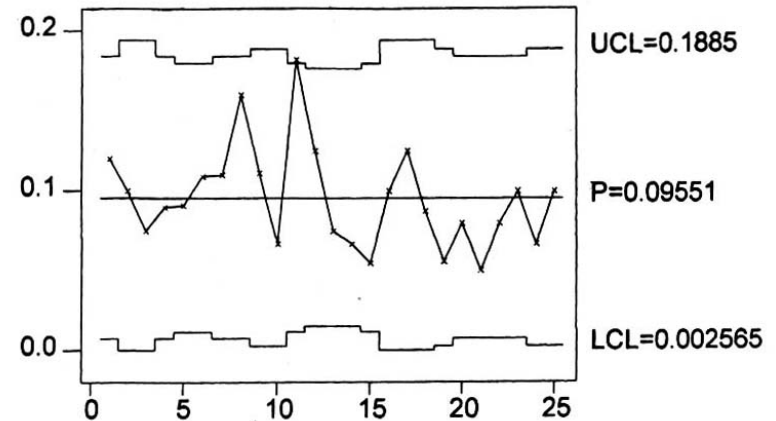
نمودار P برای اندازه نمونه های متغیر

حدود کنترل

$$\bar{P} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_i}}$$

شماره نمونه	تعداد نمونه - n _i	تعداد خرابی - D _i	P _i =D _i /n _i	S _i	LCL _i	UCL _i
1	100	12	0.12	0.029	0.008	0.184
2	80	8	0.1	0.033	0	0.195
3	80	6	0.075	0.033	0	0.195
4	100	9	0.09	0.029	0.008	0.184
5	110	10	0.091	0.028	0.012	0.18
6	110	12	0.109	0.028	0.012	0.18
7	100	11	0.11	0.029	0.008	0.184
8	100	16	0.16	0.029	0.008	0.184
9	90	10	0.111	0.031	0.003	0.189
10	90	6	0.067	0.031	0.003	0.189
11	110	20	0.182	0.028	0.012	0.18
12	120	15	0.125	0.027	0.015	0.177
13	120	9	0.075	0.027	0.015	0.177
14	120	8	0.067	0.027	0.015	0.177
15	110	6	0.055	0.028	0.012	0.18
16	80	8	0.1	0.033	0	0.195
17	80	10	0.125	0.033	0	0.195
18	80	7	0.087	0.033	0	0.195
19	90	5	0.056	0.031	0.003	0.189
20	100	8	0.08	0.029	0.008	0.184
21	100	5	0.05	0.029	0.008	0.184
22	100	8	0.08	0.029	0.008	0.184
23	100	10	0.1	0.029	0.008	0.184
24	90	6	0.067	0.031	0.003	0.189
25	90	9	0.1	0.031	0.003	0.189

$$\sum_{i=1}^{25} n_i = 2450 \quad \sum_{i=1}^{25} D_i = 234 \quad \bar{P} = 0.096$$



نمودار کنترل برای تعداد اقلام معیوب - نمودار nP

$$\mu = n \bar{P}$$

$$\sigma = \sqrt{n \bar{P} (1 - \bar{P})}$$

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

$$CL = n \bar{P}$$

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

حدود کنترل
نمودار nP

نمودار کنترل تعداد نقص ها (C , U)

مبنای این نمودارها تعداد عیوب یا نواقص مشاهده شده است .

عیب یا نقص می تواند منجر به مردود شدن یک قطعه شده و یا ممکن است .

یک قطعه با وجود چندین نقص تأیید گردد .

C نمودار کنترلی

شماره نمونه	تعداد نمونه	تعداد نقص ها Ci	شماره نمونه	تعداد نمونه	تعداد نقص ها Ci
۱	۵	۱۷	۱۳	۵	۱۷
۲	۵	۱۷	۱۵	۵	۱۷
۴	۵	۱۳	۱۶	۵	۱۲
۳	۵	۱۶	۱۷	۵	۲۲
۵	۵	۱۵	۱۸	۵	۲۵
۶	۵	۲۸	۱۹	۵	۸
۷	۵	۱۱	۲۰	۵	۱۹
۸	۵	۱۷	۲۱	۵	۸
۹	۵	۱۷	۲۲	۵	۲۰
۱۰	۵	۱۹	۲۳	۵	۲۲
۱۱	۵	۲۰	۲۳	۵	۷
۱۲	۵	۱۹	۲۵	۵	۱۷
۱۳	۵	۱۵			

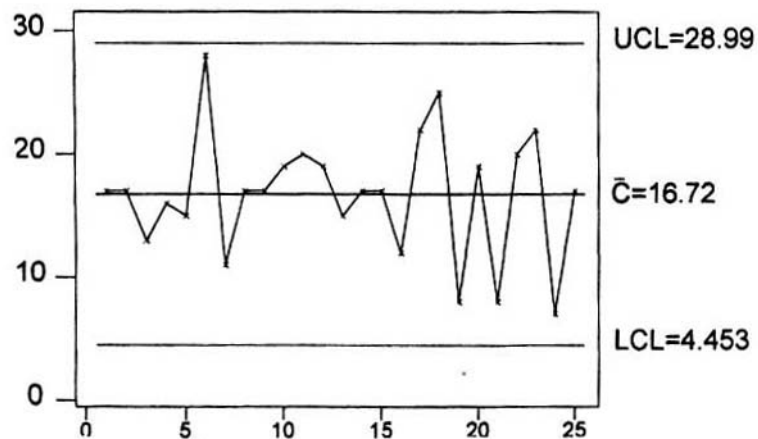
تعداد نقص ها در
تعداد مشخصی از محصول

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

$$CL = \bar{C}$$

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

حدود کنترلی
نمودار C



نمودار کنترل U

تعداد نقص ها در واحد محصول

معمولا در حالیکه تعداد نمونه ها در نمونه گیری های مختلف یکسان نباشد استفاده می شود.

$$U_i = \frac{C_i}{n}$$

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m}$$

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

$$CL = \bar{U}$$

$$LCL = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

حدود کنترلی

نمودارهای کنترل ویژه

نمودارهای کنترلی برای تولیدات کوتاه مدت
نمودارهای پیش کنترلی

نمودارهای کنترلی برای تولیدات کوتاه مدت

نمودار کنترل (\bar{X}, R) برای تولیدات با انحراف معیار یکسان

نمودار کنترل (\bar{X}, R) برای تولیدات با انحراف معیار غیر یکسان

نمودار کنترل (I, MR) برای تولیدات با انحراف معیار یکسان

نمودار کنترل (I, MR) برای تولیدات با انحراف معیار غیر یکسان

نمودار کنترل وصفی برای تولیدات کوتاه مدت

نمودارهای کنترلی (\bar{X}, R) برای تولیدات با انحراف معیار یکسان

$$X_{ij} = N_i - M_i$$

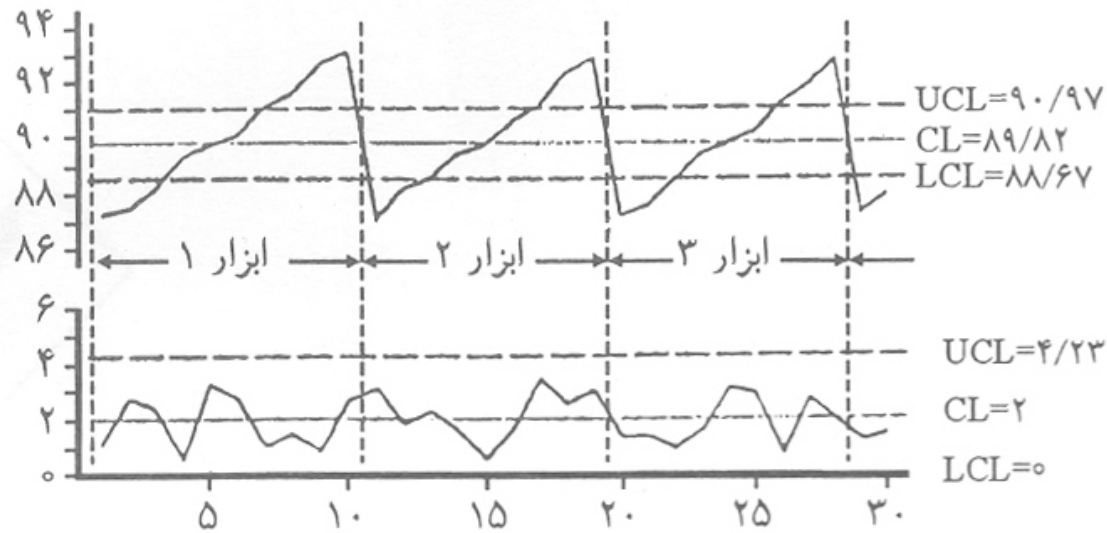
$N_i =$ اندازه اسمی نقشه

$M_i =$ اندازه نمونه

محاسبات حدود کنترل با استفاده از مقادیر X_{ij} صورت می گیرد.

مقادیر اندازه گیری شده قطعات A ,B ,C و D

شماره زیرگروه	شماره قطعه	مقادیر اندازه گیری شده					اختلاف از اندازه اسمی نقشه					\bar{X}	R
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅		
۱	A	۵۰	۵۱	۵۲	۵۰	۵۲	۰	۱	۲	۰	۲	۱	۱
۲	A	۴۹	۵۰	۵۱	۴۹	۵۱	-۱	۰	۱	-۱	۱	۰	۲
۳	A	۴۸	۴۹	۵۲	۵۱	۵۰	-۲	-۱	۲	۱	۰	۰	۴
۴	A	۴۹	۵۲	۵۱	۵۱	۴۹	-۱	۳	۱	۱	-۱	۰/۶	۴
۵	A	۵۱	۵۰	۴۸	۴۹	۵۱	۱	۰	-۲	-۱	۱	-۰/۲	۳
۶	A	۴۹	۴۹	۵۰	۵۱	۵۰	-۱	-۱	۰	۱	۰	-۰/۲	۲
۷	B	۲۴	۲۷	۲۴	۲۶	۲۵	-۱	۲	۱	۱	۰	۰/۶	۳
۸	B	۲۵	۲۷	۲۴	۲۶	۲۵	۰	۲	-۱	۱	۰	۰/۴	۳
۹	B	۲۷	۲۶	۲۳	۲۵	۲۵	۲	۱	-۲	۰	۰	۰/۲	۴
۱۰	B	۲۵	۲۴	۲۳	۲۶	۲۴	۰	-۱	-۲	۱	-۱	-۰/۶	۳
۱۱	B	۲۴	۲۵	۲۵	۲۶	۲۶	-۱	۰	۰	۱	۱	۰/۲	۲
۱۲	B	۲۶	۲۳	۲۵	۲۴	۲۵	۱	-۱	۰	-۱	۰	-۰/۲	۲
۱۳	C	۱۴	۱۳	۱۵	۱۵	۱۴	-۱	-۲	۰	۰	-۱	-۰/۸	۱
۱۴	C	۱۵	۱۶	۱۷	۱۴	۱۵	۰	۱	۲	-۱	۰	۰/۴	۳
۱۵	C	۱۵	۱۵	۱۴	۱۶	۱۶	۰	۰	-۱	۱	۱	۰/۲	۲
۱۶	C	۱۶	۱۴	۱۶	۱۵	۱۴	۱	-۱	۱	۰	-۱	۰	۲
۱۷	C	۱۴	۱۶	۱۵	۱۴	۱۵	-۱	۱	۰	-۱	۰	-۰/۲	۲
۱۸	C	۱۴	۱۳	۱۵	۱۵	۱۴	-۱	-۲	۰	۰	-۱	-۰/۸	۱
۱۹	C	۱۶	۱۵	۱۵	۱۷	۱۶	۱	۰	۰	۲	۱	۰/۸	۱
۲۰	D	۴۱	۴۰	۳۹	۳۸	۴۱	۱	۰	-۱	-۲	۱	-۰/۲	۳
۲۱	D	۴۲	۳۹	۴۰	۴۱	۴۲	۲	-۱	۰	۱	۲	۰/۸	۳
۲۲	D	۴۱	۴۲	۴۰	۴۰	۳۹	۱	۲	۰	۰	-۱	۰/۴	۳
۲۳	D	۳۹	۴۰	۳۹	۴۱	۳۸	-۱	۰	-۱	۱	-۲	-۰/۶	۳
۲۴	D	۴۰	۴۱	۳۹	۴۱	۴۰	۰	۱	-۱	۱	۰	۰/۲	۲
۲۵	D	۴۱	۴۰	۳۹	۴۱	۴۰	۱	۰	-۱	۱	۰	۰/۲	۲



شکل ۶-۲: نمودارهای کنترل معمول زمانیکه در فرایند تولید فرسایش ابزار وجود دارد.

پیاده سازی کنترل آماری فرآیند

مرحله اول – بستر سازی اجرای پروژه

– توجیه مدیریت

– تشکیل کمیته راهبری

– آموزش

– تدوین رویه کنترل آماری فرآیند

مرحله دوم – اجرای SPC

– تشکیل تیم اجرایی SPC

– انتخاب فرآیند

– ایجاد شاخص بهره‌وری

– بررسی و بهبود اولیه فرآیند

– طراحی نمودار کنترلی مبنا

– اجرای کنترل آماری فرآیند