

# روشهای آماری

## Lecture 11




# Quality Concepts

- Zero Defects (*no tolerance for errors*)
- Customer is next person in the process
- DTRTFT
  - *Easier & less costly to do work right first time*
- (CIP) Continuous Improvement Process
  - *Evaluate customer satisfaction*
- Process Capability
  - *Ensure process capable of performing required functions to achieve desired outcome*

# Customer Satisfaction (Def)

The goal of a Product or company in its relationship with the customer, from the initial contact through delivery of the product or service.



# Product Characteristics/Attributes

## “Nine-abilities”

### ☞ Producibility

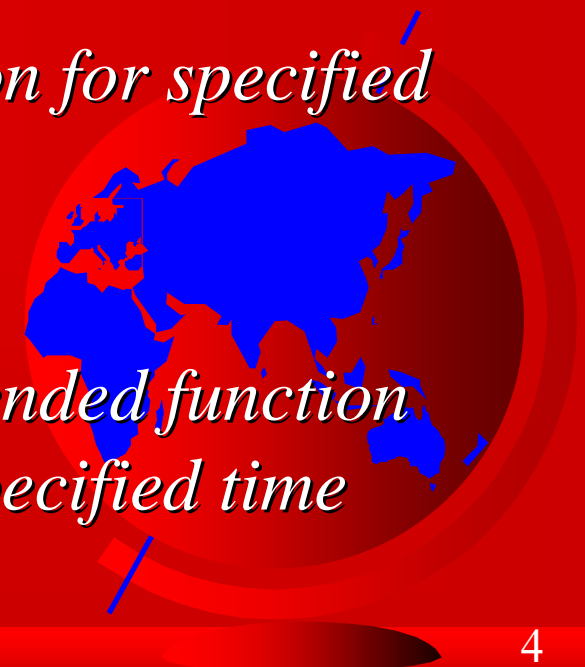
– *Ability to be produced/built*

### ☞ Usability

– *Ability to perform intended function for specified user under prescribed conditions*

### ☞ Reliability

– *Degree to which P/S performs intended function under specified conditions for a specified time*



# Product Characteristics/Attributes

## “Nine-abilities”

### ☞ Maintainability

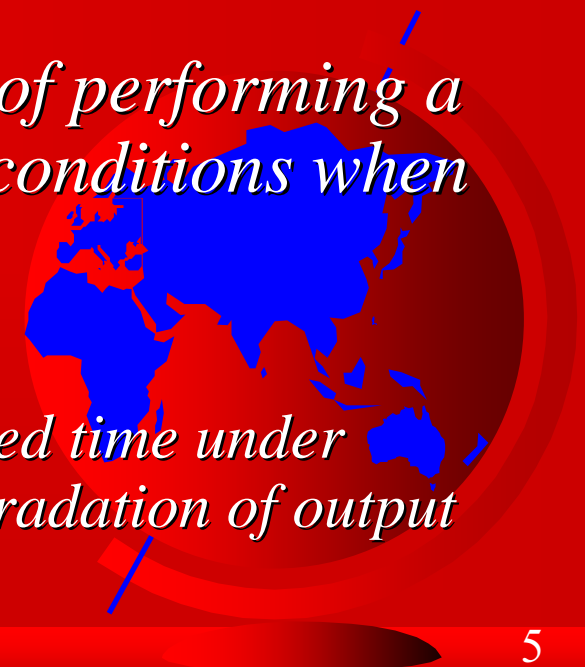
- *Ability to be restored within a specified time to its performance capability*

### ☞ Availability

- *Probability for P/S being capable of performing a required function under specified conditions when called upon*

### ☞ Operability

- *Ability for P/S to be operated for specified time under given conditions without significant degradation of output*



# Product Characteristics/Attributes

## “Nine-abilities”

### ☞ Flexibility

- *Ability to be used for different purposes, at difference capacities & under different conditions*

### ☞ Social Acceptability

- *Degree to which public accepts P/S for use (safety, environmental impact, appearance)*

### ☞ Affordability

- *Ability for a company to develop, acquire, operate, maintain and dispose of a product over its life*



# Functional Specifications

- Functions that the product will provide over its useful period of operation. Relates to the type of function the product achieves.
- Must be converted into values that can be used to positively define the requirement of the customer.

# Detailed Specification

- Uses parametric values to describe the requirement.
- Developed by customer or jointly by customer & seller.
- Very precisely describes the product, involving size, functions, & assembly.



# به این نکته توجه نمایید

- ➔ What Product phase most affects a product's reliability?

Conceptual



## به این نکته توجه نمایید

- ☞ What % of the extra costs of the Product can often be attributed to a lack of quality?

20%



## به این نکته توجه نمایید

☞ Cost of a Quality Program should be budgeted at \_\_\_\_\_ of total Product.

3 - 5 %



# Cost of Conformance

- Planning
- Training & Indoctrination
- Process Control
- Field Testing
- Product design validation
- Process validation
- Test & evaluation
- Quality audits
- Maintenance & calibration

➤ Other



# Cost of Nonconformance

- Scrap
- Rework
- Expediting
- Additional material or inventory
- Warranty repairs or services
- Complaint handling
- Liability judgment
- Product recalls
- Product corrective actions



# 5 Major Cost Categories

## ☞ Prevention Cost

- Cost to plan & execute Product so that it's error free, not maintenance costs.

## ☞ Appraisal Cost

- Cost of evaluating the process & it's outputs to ensure they're error free.

## ☞ Internal Failure Cost

- Cost to correct identified defect before customer receives product.



# 5 Major Cost Categories

## ☞ External Failure Cost

- All errors not detected & corrected before delivery to customer.

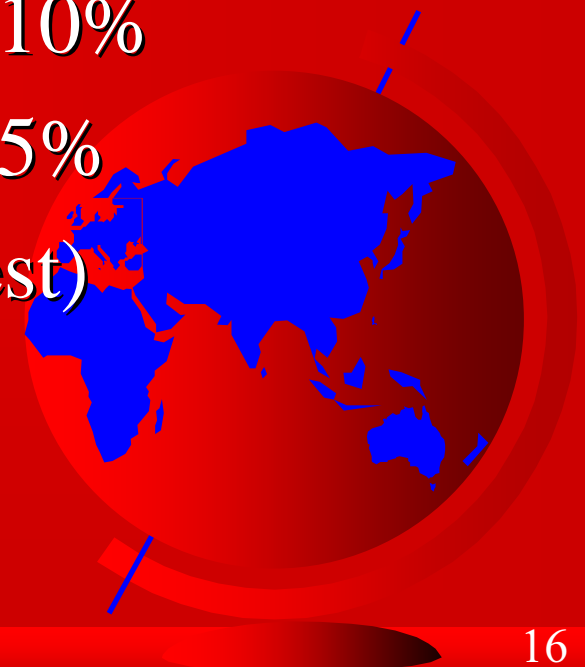
## ☞ Measurement & Test Equipment

- Capital cost of equipment to perform prevention & appraisal.

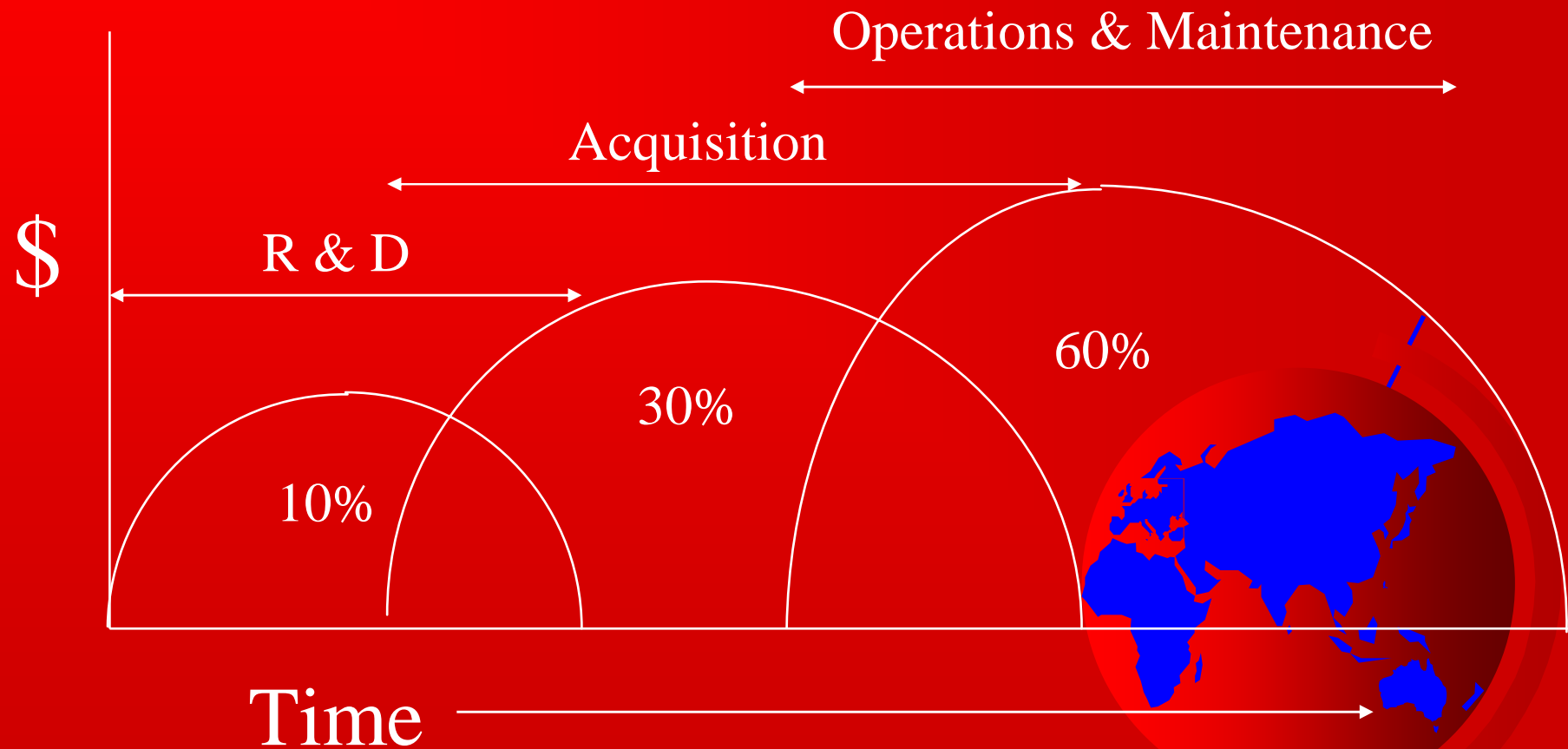


# Major Quality Cost Categories (Actual vs. Should Cost Percentages)

☞ Prevention	10%	70%
☞ Appraisal	35%	15%
☞ Internal Failures	48%	10%
☞ External Failures	7%	5%
☞ Equipment (Measurement & Test)		



# Product Life Cycle



# Statistical Quality Control Systems (SQC)

## ☞ Process Control Charts

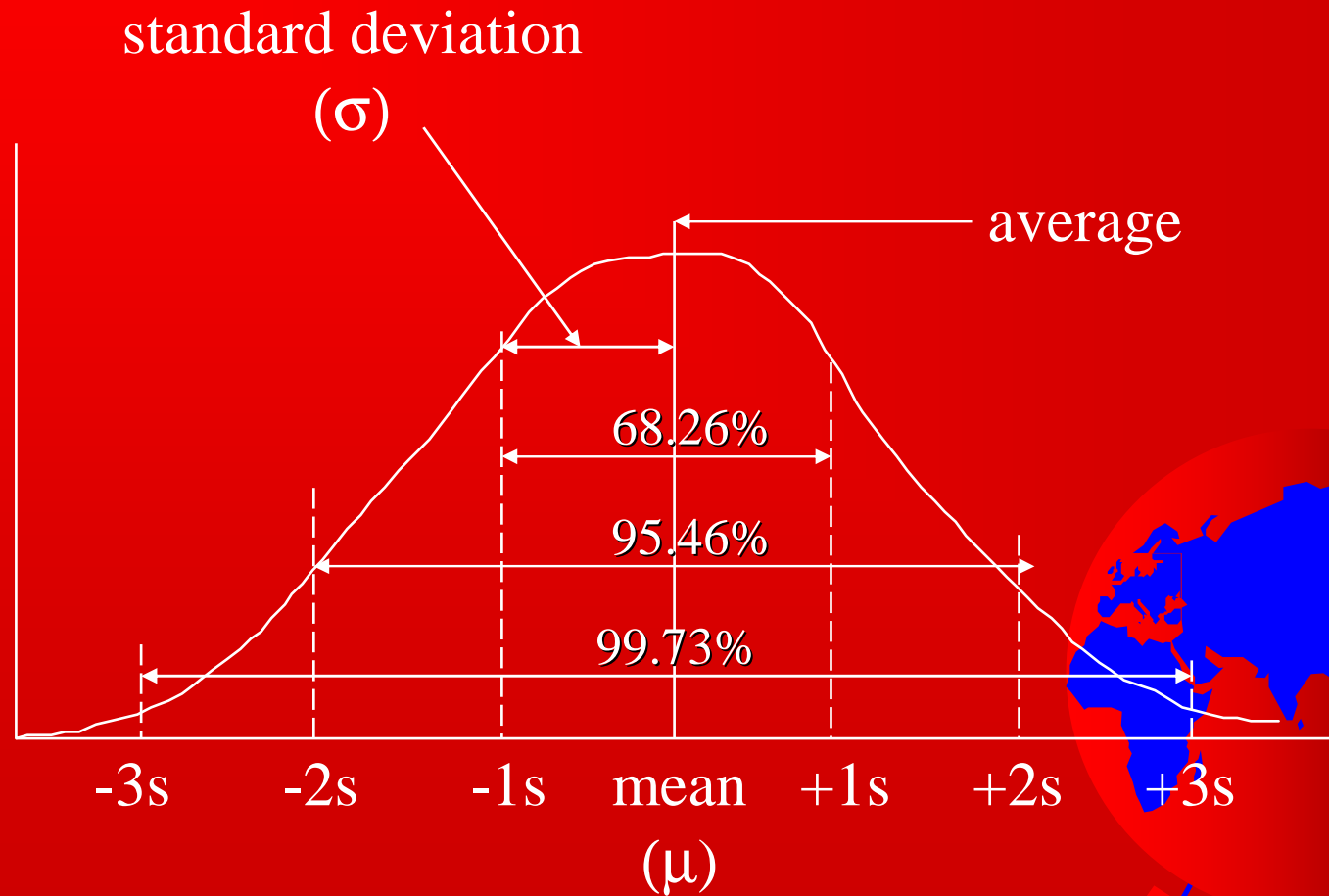
- *Used for monitoring and evaluating variations in a process*
- *Can be used as tool to evaluate product conformance*

## ☞ Acceptance Sampling

- *Used to determine whether or not lot conforms to specifications or standards*
- *Acceptance or rejection of already produced lot*



# Normal Distribution (Bell) Curve

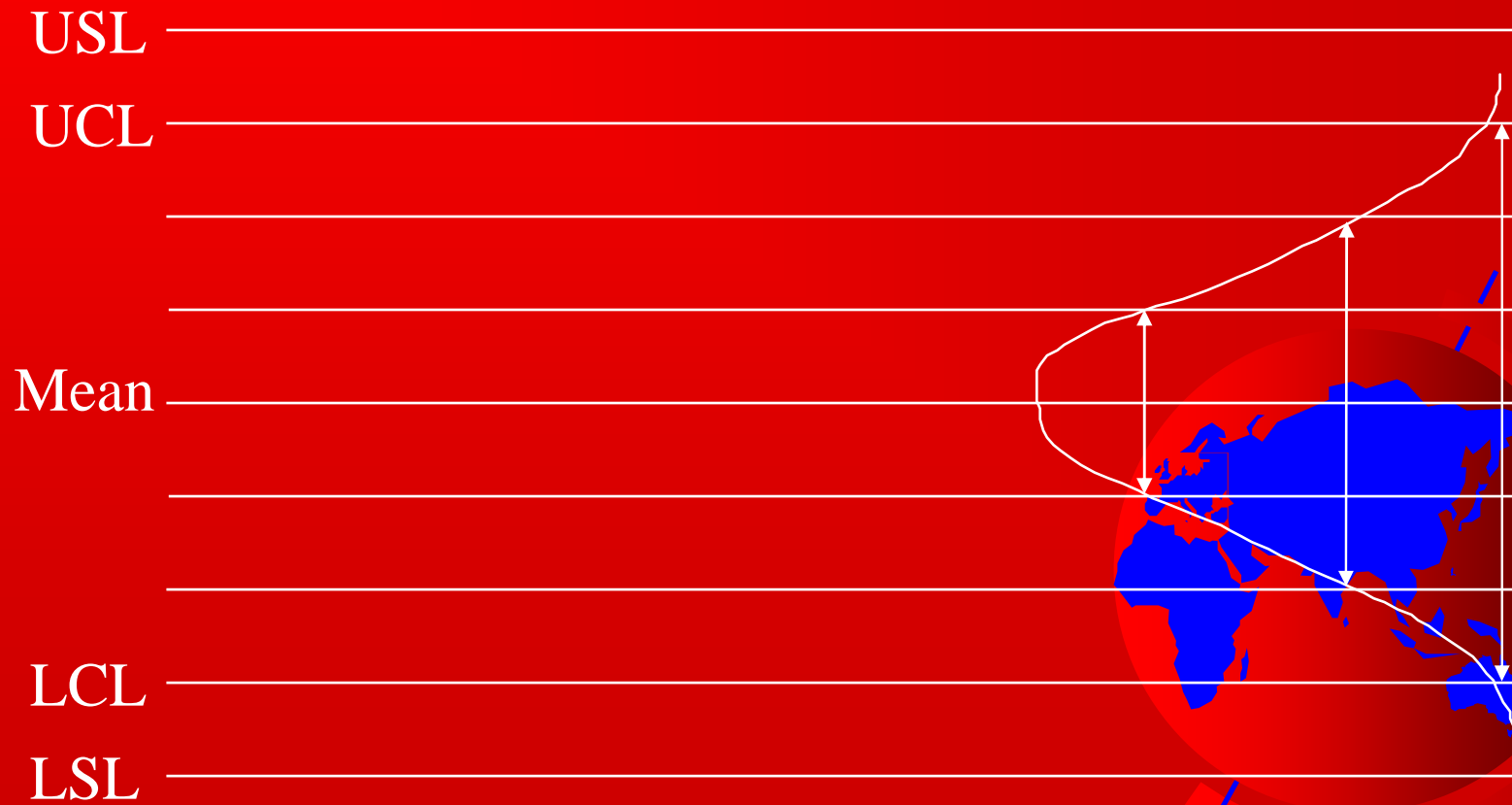


# Standard Deviation

- A measure of the spread or dispersion of a set of data
- Calculated by taking the square root of the variance
- Symbolized by s.d or s
- The more widely the values are spread out, the larger the standard deviation



# Process Control Chart

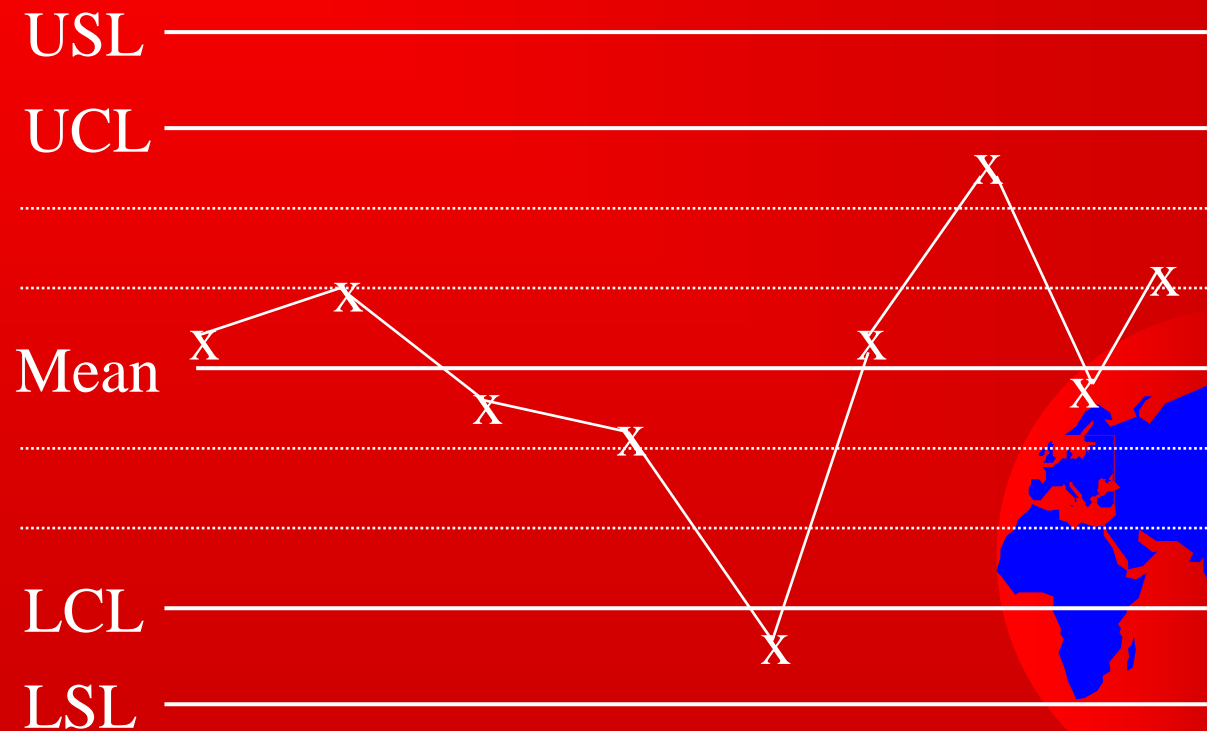


# The Upper Control Limit (UCL) & Lower Control Limit (LCL) are typically set...

- 3 standard deviations from mean in each direction
- 3  $\sigma$  (sigma) from mean in each direction
- Inside the upper & lower spec limits
- To detect & flag when a process may be out of control



# Control Charts as SQC Tool



**When a process is set up optimally, the upper & lower *Specification Limits* typically are...**

Set outside the UCL & LCL and set equal distance from the mean value

# Control Charts as SQC Tool

- Proven technique for improving productivity
- Effective in defect prevention
- Prevents unnecessary process adjustments
- Provides diagnostic information
- Provides info about process capability

# Acceptance Sampling

- Beneficial when inspection cost is high & resulting loss of passing non-conformance products is not great
- Necessary when destructive inspections are required
- *Does Not* directly control the quality of a series of lots; specifies risk of accepting lots of a given Quality
- Not effective for inspecting small lots of custom-made products
- Better than 100% inspection, which is very tedious



# Acceptance Sampling

- ☞ Sample size must be large enough to provide sufficient information about the larger lot of goods without costing a great deal
- ☞ Establishing the limit on the number of defects in the sample that will cause entire lot to be rejected is responsibility of management



## به این نکته توجه نمایید

- ➔ The risk of accepting a lot of poor Quality, in Acceptance Sampling, is referred to as...

# Consumer's Risk



## به این نکته توجه نمایید

- ☞ In Acceptance Sampling, if sample size is kept the same but acceptance number is increased, what happens?

Consumer's Risk Increases &  
Producer's Risk Decreases



# به این نکته توجه نمایید

## ☞ Rule of Seven

- Process considered out of control when 7 consecutive data points fall all on one side of the mean



# Pareto Diagram

- Ranks defects in order of frequency of occurrence to depict 100% of defects
- Generally applied on a measure of relative importance
  - (*e.g., cost, failure consequences, impact on customer*)
- AKA, Juran Diagram

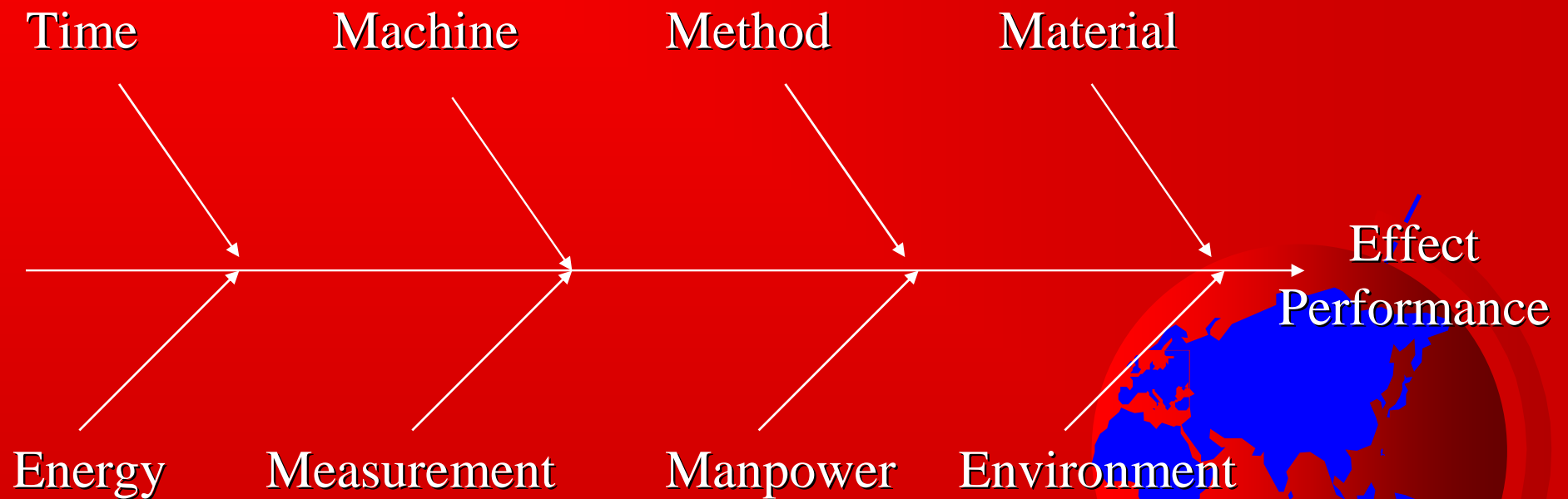


# Pareto Diagram

- Used to determine what causes majority of problems in a process
- Guides corrective action
  - *Fix cause of greatest number defects first*
- 80/20 Rule (Pareto Law)
  - *Large majority of defects typically the result of relatively small number of causes*



# Cause and Effect Diagram



# Cause and Effect Diagram

- Provides structured means to analyze process inputs to identify cause of errors
- AKA, fishbone or Ishikawa diagram
- Educational, getting ideas from as many people as possible
- Outlines methodology used to identify major defects in a process



# Other Process Control Tools

## ☞ Scatter Diagrams

- *Used to determine relationship between two or more pieces of corresponding data*
- *Used to illustrate effect or no effect on one variable when other variable is changed*

## ☞ Graphs (Bar Chart, Pie Chart, etc.)

- *Used to compare values for analysis to determine:*
  - ◆ *Frequency of occurrence of items in a group*
  - ◆ *Relationship of data over time*

# Other Process Control Tools

## ☞ Check (Tic) Sheets

- *Determine frequency of occurrence of defined activities*
- *Example: record how many times a machine stops for lack of raw materials*

## ☞ Check Lists

- *Structured list of items or actions that encompass a process or procedure*
- *Example: Pilot's checklist to check critical aspects of aircraft before flight*



## به این نکته توجه نمایید

- ➔ Subcontracting & production surveillance are identified by using the...

## Milestone Chart



## به این نکته توجه نمایید

☞ % of Responsibility for Quality to Management...

85% of cost rests with Management



به این نکته توجه نمایید

☞ Who has total responsibility for Quality Control?

Quality Manager



# Who performs Q Control for Product? For Process?

## ☞ Product

- Quality Control Department (conformance)

## ☞ Process

- Production Management Team

*“In either case, involves statistics, sampling & probability”*



**Direct responsibility for  
monitoring quality  
conformance is...**

**Quality Manager**



## به این نکته توجه نمایید

- ☞ Key ingredients to a successful QM Program are...
  - Management's quality philosophy
  - Operational quality assurance
  - Operational quality control

# تحليل قابليت فرآيند

Process capability analysis



# شروع به تحلیل

داده ها را جمع آوری نمایید

فاصله و طبقات داده ها را تعیین نمایید

$range = (max - min) / accuracy \{ie. .01, .1, 1, \dots\}$

فاصله گروهها را مطابق فرمول زیر محاسبه نمایید

$class\ interval = (range + 1) / (no.\ of\ classes)$

no. of classes { 7 - 14 }

هیستوگرام داده ها را تهیه نمایید

حداقل تغییرات ممکن قابلیت فرآیند بوده و معادل  $6\sigma$  است

شاخص قابلیت فرآیند برابر است با  $Cp = \{usl - lsl\} / 6\sigma$

# محاسبه قابلیت فرآیند

اگر سیستم پایدار باشد 

– حداقل 25 نمونه انتخاب نمایید

– با استفاده از گراف نرمال پایداری را تحقیق نمایید

♦ اگر داده ها نرمال باشند در صفحه نرمال يك خط راست تشکیل میشود

♦ برای مواردیکه داده نرمال نباشد از دو روش استفاده میشود [ جذر اعداد و لگاریتم اعداد] و مجددا نرمال بودن کنترل میشود. برای تعیین حدودبالا وپایین دراین حالت ترانسفورم معکوس انجام میشود

–  $\sigma$  را محاسبه کنید

– قابلیت فرآیند را محاسبه نمایید ( $6\sigma$ )

# محاسبه قابلیت فرآیند

فرآیند پایدار نباشد

– حداقل 20 زیر گروه انتخاب نمایید

– داده ها را در يك فرمت استاندارد ثبت نمایید

– فاصله را در هر گروه محاسبه نموده و میانگین آن را

محاسبه کنید  
Average R

$$\sigma = Ave(R)/d_2$$

– قابلیت فرآیند را محاسبه نمایید ( $6\sigma$ )

# محاسبه قابلیت فرآیند

وقتی جمعیت کم بوده و یا فرآیندهای شیمیایی است که

چند نمونه همزمان تغییری را نشان نمیدهد

– حداقل 25 نمونه متوالی انتخاب نمایید

– قدر مطلق فاصله متحرک را محاسبه نمایید Moving Range.

– میانگین فاصله های بدست آمده را محاسبه کنید

$$\sigma = \text{Ave}(R)/d_2$$

– قابلیت فرآیند را محاسبه نمایید ( $6\sigma$ )

# شاخص فرآیند

شاخص فرآیند مقایسه قابلیت فرآیند و حدود مشخصه فنی طراحی است.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{U - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - L}{3\sigma} \right\}$$

$C_{pk} < 1$  سیستم قابلیت ندارد و یا تنظیم لازم دارد

$C_{pk} = 1$  سیستم قابلیت دارد و مطابق نیاز است

$C_{pk} > 1$  قابلیت سیستم از مشخصه بیشتر است



# Experimental designs



# طراحی آزمایش

👉 اگر هدف DOE آن باشد که عوامل موثر شناسایی شوند اکثر آزمایشات به دلیل عدم طرحریزی مناسب با شکست روبرو میشوند

👉 توصیه میشود داده های کمی جمع آوری شود.

## روش طرحریزی

– ویژگی مورد ارزیابی را متغیر پاسخ می نامیم

– افراد مرتبط با آزمایش را گرد هم می آوریم و عوامل را شناسایی میکنیم

♦ توجه شود که اگر همه چیز را در مورد فرآیند بدانیم نیازی به آزمایش نیست

– تعیین سطوح عوامل بایستی به دقت صورت گیرد تا نتیجه مناسب بدست آید

👉 هدف اولیه آنست که چه عواملی بیشترین اثر را دارند و سپس تعیین کنیم که پارامتر در چه مقداری جواب بهینه برای متغیر پاسخ ایجاد میکند

# آزمایش فاکتوریل کامل

👉 آزمایش فاکتوریل کامل مجموعه اجرایی آزمایشات است که هر سطح هر عامل با سایر عوامل ترکیب شوند

👉 هر ترکیب از عوامل و سطوح آن با این روش قابل اجرا است فقط تعداد آزمایشات بسیار زیاد میشود

👉 معمولاً برای کاهش آزمایشات از دو سطح برای هر فاکتور استفاده میشود

– این دو را سطح بالا و پایین (High & Low) می نامند

Run	A	B
1	3 seconds	80 C
2	7 seconds	80 C
3	3 seconds	120 C
4	7 seconds	120 C

👉 مثال تاثیر دما و زمان بر قطر

– زمان بین 3 و 7 ثانیه

– دما 80 تا 120 درجه سانتیگراد

# اجرای تصادفی آزمایشات

✎ اگر فرض نماییم که آزمایش اول و دوم در صبح و سوم و چهارم بعد از ظهر اجرا شود و نتیجه نیز آن باشد که دما موثر است و بهترین جواب در دمای 021 C است

– سؤال : آیا واقعا دمای 120 موثر بوده است و یا به دلیل آنکه دمای 120 در بعد از ظهر اجرا شده است وضعیت بعد از ظهر ممکن است تفاوت داشته باشد  
♦ مثلا رطوبت بعد از ظهر بیشتر باشد

✎ بنا بر این توصیه میشود که آزمایشات به صورت تصادفی اجرا شود  
– مثلا برای مورد فوق آزمایشات برای عامل دمای 120 درجه در صبح و بعد از ظهر به میزان مساوی انجام شود

✎ با تصادفی اجرا نمودن آزمایشات ، فاکتور Noise بسیار کاهش می یابد.

# نحوه طراحی آزمایشات

Run      Factor A      Factor B      Factor C      گام اول

Run      Factor A      Factor B      Factor C      گام دوم

(1)                    -                    -                    -

Run      Factor A      Factor B      Factor C      گام سوم

(1)                    -                    -                    -

a                    +                    -                    -

Run      Factor A      Factor B      Factor C      گام چهارم

(1)                    -                    -                    -

a                    +                    -                    -

b                    -                    +                    -

ab                    +                    +                    -



# طراحی آزمایش سه فاکتور

<u>Run</u>	<u>Factor A</u>	<u>Factor B</u>	<u>Factor C</u>	گام پنجم
(1)	-	-	-	
a	+	-	-	
b	-	+	-	
Ab	+	+	-	
C	-	-	+	
Ac	+	-	+	
Bc	-	+	+	
abc	+	+	+	



# تحليل آماری

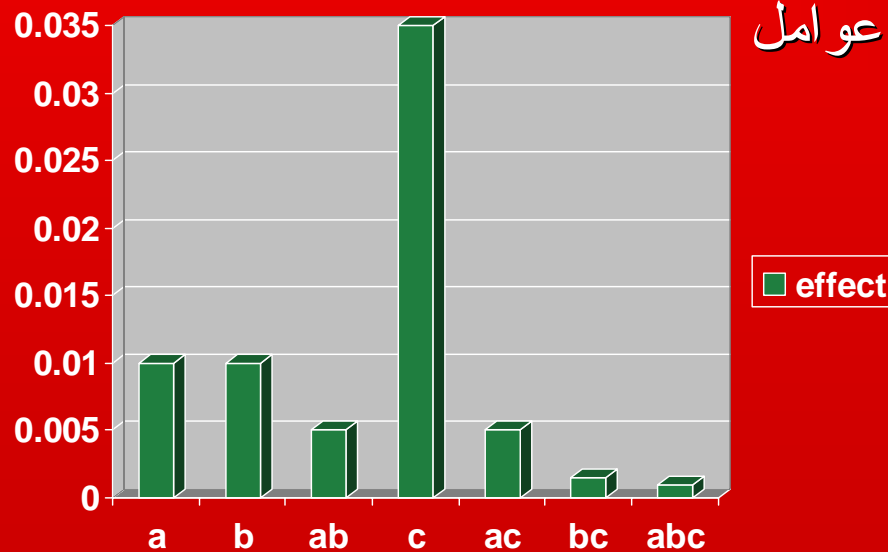
روشهای آماری برای محاسبه اثر هر عامل بر اساس مقادیر زیر حاصل میشود.

– میانگین اثر هر عامل

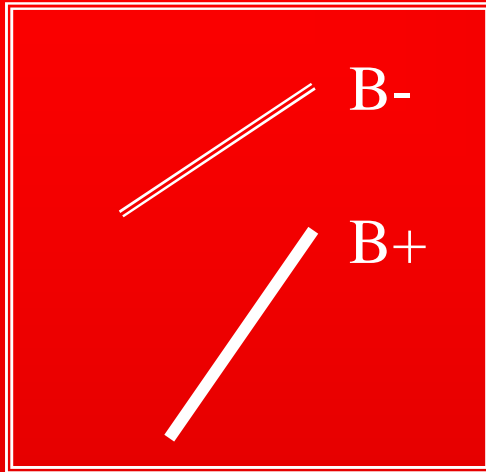
– جمع مربع اثرات هر عامل

– جمع مربع اثرات متقابل عوامل

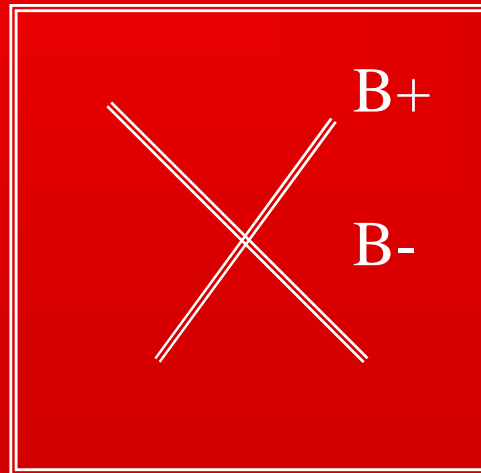
تأثیر عامل بر متغیر پاسخ



# حالتهاي مختلف تاثير عوامل

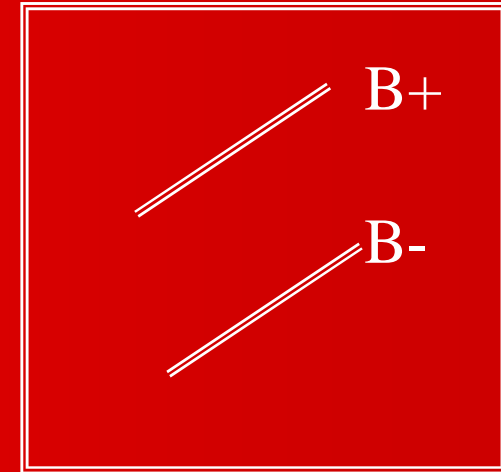


A+ A-



A+ A-

اثر متقابل



A+ A-



# بررسی نتایج آزمایش

Mean Square تخمین انحراف است و مقدار آن برای error برابر انحراف معیار است

$\sigma$

اگر خطای آزمایش بزرگترین مقدار باشد لازم است کنترل شود که آیا آزمایش در حالت پایدار انجام شده است یا خیر؟  
آماره ارزیابی برابر است با:

$$F_0 = MSA/MSE, F_0 = MSB/MSE, F_0 = MSC/MSE -$$

درجه آزادی برای بخش خطا error term

$$\text{degree of freedom} = abc(n-1) -$$

# فرضیات تحلیل واریانس

👉 مشاهدات دارای توزیع نرمال هستند

- زیرا بکارگیری توزیع  $F$  دارای فرضیه بکارگیری دو واریانس از توزیع نرمال است .  
( توزیع کای مربع )

👉 مشاهدات مستقل از هم هستند

- اگر دو عامل مستقل نباشند در آنصورت تابع متغیر پاسخ ترکیبی از دو متغیر خواهد بود. در مورد زیر دو متغیر ترکیبی از هم هستند

–  $Y = \text{const} + a \cdot A + b \cdot B$  &  $B = \text{const} + x \cdot A$  مثال

👉 تمام سطوح عوامل دارای واریانس یکسان هستند.

- توجه شود که بنظر میرسد در تحلیل واریانس درصدد بررسی واریانس هستیم در صورتیکه در واقع هدف بررسی میزان واریانس بین میانگین فرایندها است.
- اگر واریانس عامل  $A$  در بالاترین مقدار آن با میزان واریانس در کمترین مقدار تفاوت نماید در آنصورت بین  $\{ a, ab \}$  و  $\{ b, - \}$  تفاوت وجود دارد

# fractional طراحی فاکتوریل

👉 در صورتیکه آزمایشات هزینه زیادی داشته باشد با این روش کاهش در تعداد آزمایشات عملی خواهد بود.

👉 قواعد طراحی آزمایشات Fractional factorial

- عوامل اصلی را با یکدیگر مخلوط - confound - نکنید
- تا حد امکان عوامل اصلی را با تداخل دو عاملی مخلوط confound - نکنید
- تا حد امکان هر تداخل دو عاملی را با تداخل دو عاملی دیگر مخلوط - نکنید

Run	Factor A	Factor B	Factor C=AB
(1)	-	-	+
a	+	-	-
b	-	+	-
ab	+	+	+

- confound نکنید

# fractional طراحی آزمایشات

برای طراحی آزمایش بایستی بررسی نمود که چه فاکتورهایی با یکدیگر مخلوط شوند

– مثلاً  $D=ABC$  در مدل چهار عاملی

با تعریف ایجاد کننده Generator مدل طراحی آزمایش خواهیم داشت:

$I=ABCD$  –

$A=BCD$  –

$B=ACD$  –

$C=ABD$  –

$D=ABC$  –

$AB=CD$  –

$AC=BD$  –

$AD=BC$  –

# آزمایشات ویژه

طراحی خاص Latin square design

– دو متغیر noise در یک آزمایش بلوک میشوند

– متغیر A, B متغیر Noise هستند و X عامل موثر بر متغیر پاسخ است.

	A1	A2
B1	X1	X2
B2	X2	X1

	A1	A2	A3
B1	X1	X2	X3
B2	X2	X3	X1
B3	X3	X1	X2