

عیار سیگما

در مرحله عملکرد سنجشی آزمایشگاه

حسن بیات

دانش آموخته علوم آزمایشگاهی

پس زمینه

فناوری مدیریت شش سیگما:

- ارائه در دهه 80 میلادی توسط شرکت موتورولا
- برای ارتقا منظم کیفیت و کاستن از نرخ خطا

عیار سیگما:

- مفهوم محوری در روش شش سیگما
- نرخ خطا: تعداد خطا در میلیون (فرصت) DPM یا DPMO
- مبتنی بر توزیع گاسی



اهداف

- تعریف محصول در مقابل عملکرد
- مروری بر توزیع گاسی (طبیعی)
- مفهوم عیار سیگما
- خصوصیات عیار سیگما
- ارتباط عیار سیگما با پایش کیفیت

محصول در مقابل عملکرد

مثال: تولید ساچمه فلزی

1 - چقدر انحراف از اندازه هدف، مجاز است؟

■ انحراف مجاز، DEV_a ، Allowable Deviation;

پرسش: کار این خط تولید
قابل قبول است؟

سالم: 97%
ناقص: 3%



$DEV_a = 5\%$

TV: 20 mm

محصول قابل قبول: 19 - 21

20.5
19.8
19.0
18.7
19.3
20.7
20.0
19.9
21.2
20.3
19.9
20.3
21.4
19.2
...

محصول در مقابل عملکرد

مثال: تولید ساچمه فلزی



1 – چقدر انحراف از اندازه هدف، مجاز است؟

■ انحراف مجاز، DEV_a ; Allowable Deviation;

$$DEV_a = 5\%$$

$$DR_a = 1\%$$



سالم: 97%

ناقص: 3%

پرسش: کار این خط تولید

قابل قبول است؟

2 – چند درصد نقص، مجاز است؟

■ نرخ مجاز خطا، DR_a ; Allowable Defect Rate;

محصول در مقابل عملکرد

مثال: تولید ساچمه فلزی

1 - چقدر انحراف از اندازه هدف، مجاز است؟

■ انحراف مجاز، DEV_a ; Allowable Deviation;

$$DEV < DEV_a?$$

2 - چقدر صد نقص، مجاز است؟

■ نرخ خطای مجاز، DR_a ; Allowable Defect Rate;

$$DR < DR_a?$$



انحراف مجاز در مقابل نرخ خطای مجاز DEV_a vs DR_a

1. انحراف مجاز، DEV_a : معیار قابل قبول بودن **یک** محصول، رخداد، یا فرصت

2. نرخ خطای مجاز، DR_a : معیار قابل قبول بودن عملکرد

مثال: حجم مناسب خون در لوله CBC: $\text{Volume} \pm 10\%$



معیار
نمونه قابل
قبول

DEV_a
 $\pm 10\%$

حداکثر 2.2

حداقل 1.8



گزارش ماه

حجم نادرست: 1.5%

معیار
عملکرد قابل
قبول

شاخص کیفیت: در طول ماه، حداکثر 2% از نمونه‌ها حجم نامناسب داشته باشد؛ $\text{DR}_a = 2\%$

پرسش: کیفیت خونگیری ماه قابل قبول است؟

1. انحراف مجاز، DEV_a : معیار قابل قبول بودن یک محصول، رخداد، یا فرصت

شاخص اعتمادپذیری محصول

2. نرخ خطای مجاز، DR_a : معیار قابل قبول بودن عملکرد

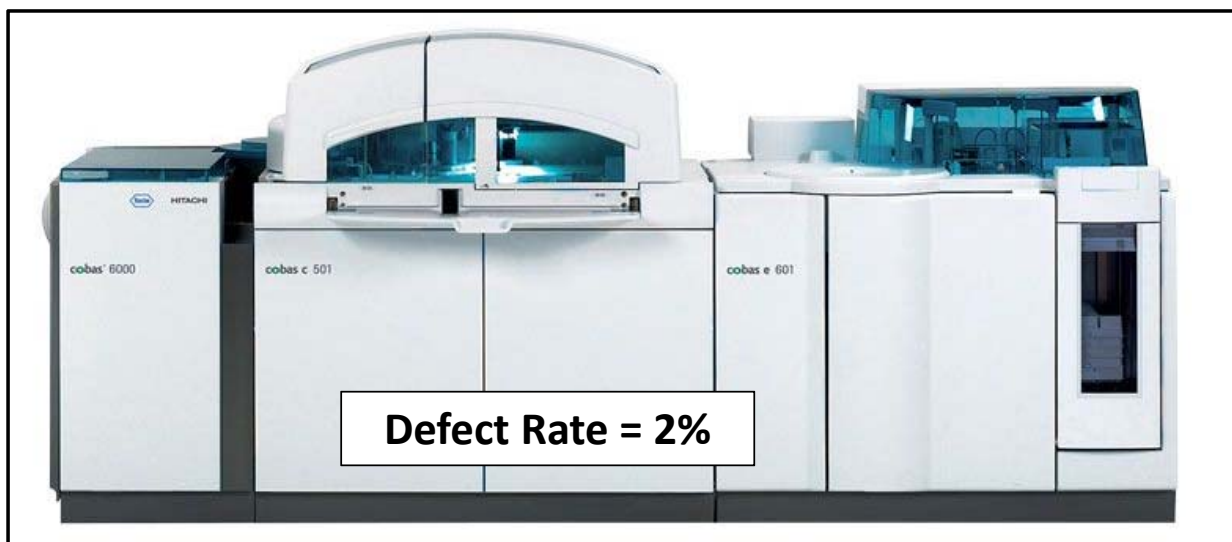
قرارداد نانوشته - حداکثر 5% جواب نادرست قابل قبول است؛ $DR_a = 5\%$

CLIA 2012 Routine Chemistry	
Test or Analyte	Acceptable Performance
Alanine aminotransferase	Target value $\pm 20\%$
Albumin	Target value $\pm 10\%$
Alkaline phosphatase	Target value $\pm 30\%$
Amylase	Target value $\pm 30\%$
Aspartate aminotransferase (AST)	Target value $\pm 20\%$

1. انحراف مجاز، DEV_a : معیار قابل قبول بودن یک محصول، رخداد، یا فرصت

2. نرخ خطای مجاز، DR_a : معیار قابل قبول بودن عملکرد شاخص اعتمادپذیری محصول

پرسش: شانس این که یک جویلمبه سالم بتا نشد چه قدر است؟



1. انحراف مجاز، DEV_g : معیار قابل قبول بودن **یک** محصول، رخداده، یا فرصت

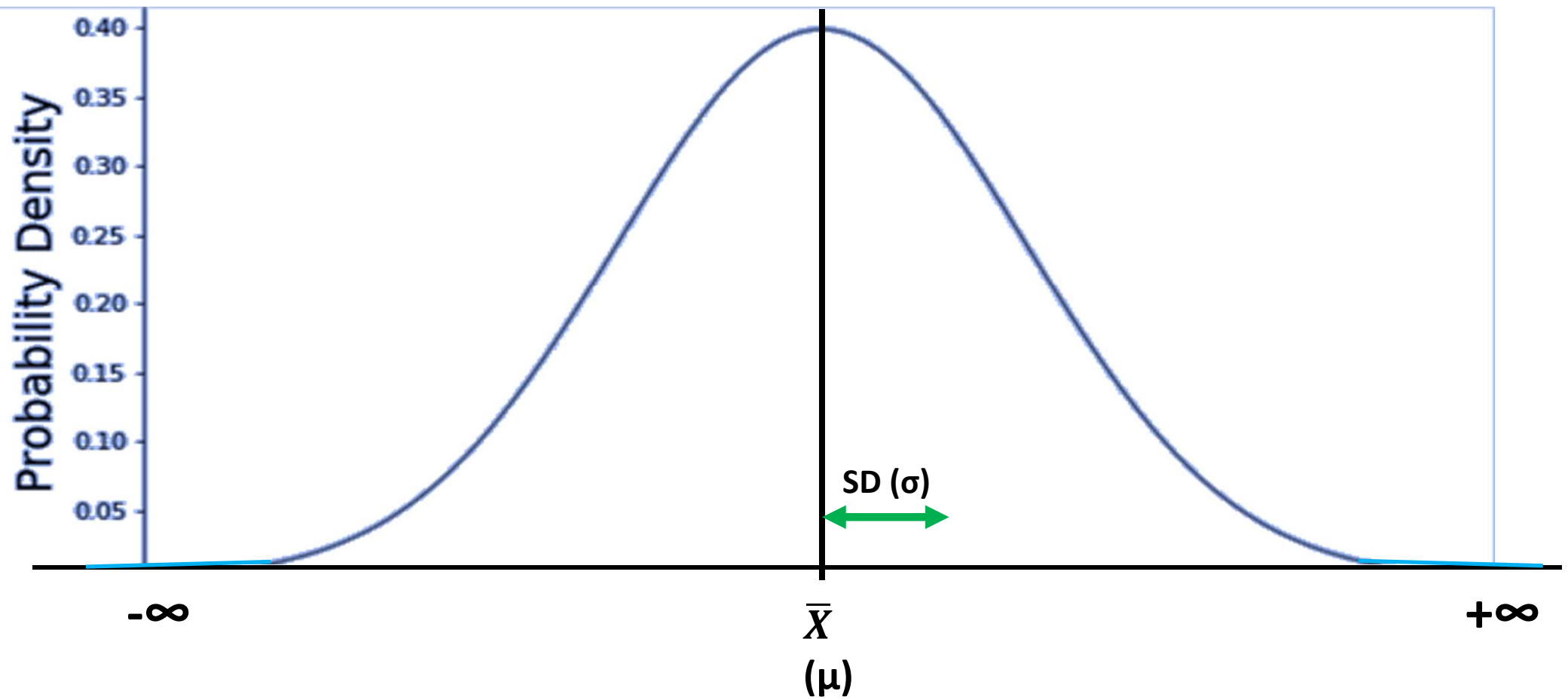
شاخص اعتمادپذیری محصول

2. نرخ خطای مجاز، DR_g : معیار قابل قبول بودن عملکرد

یاد آوری

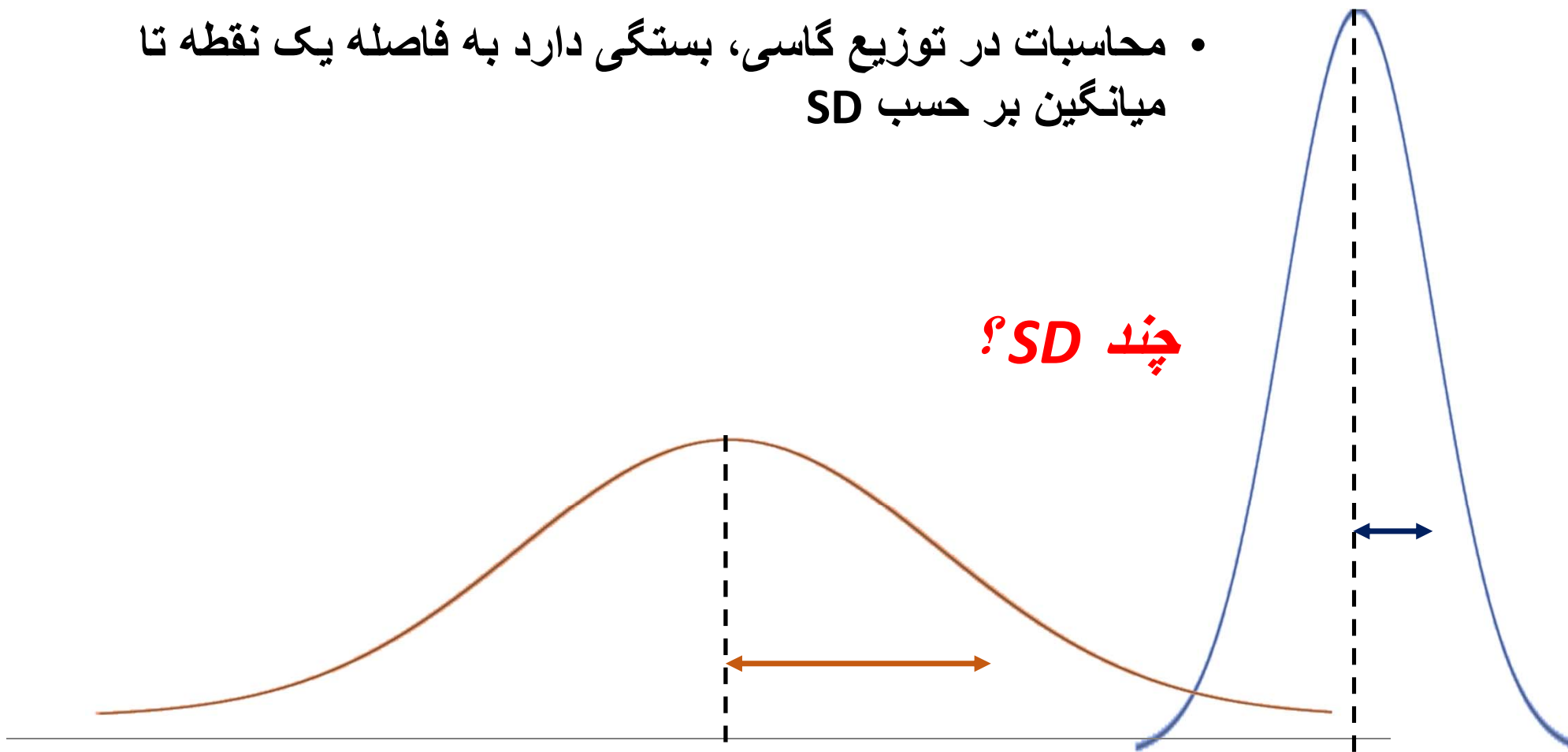
❖ سیگما، σ ، نشانه انحراف معیار است

توزیع گاسی (نرمال)

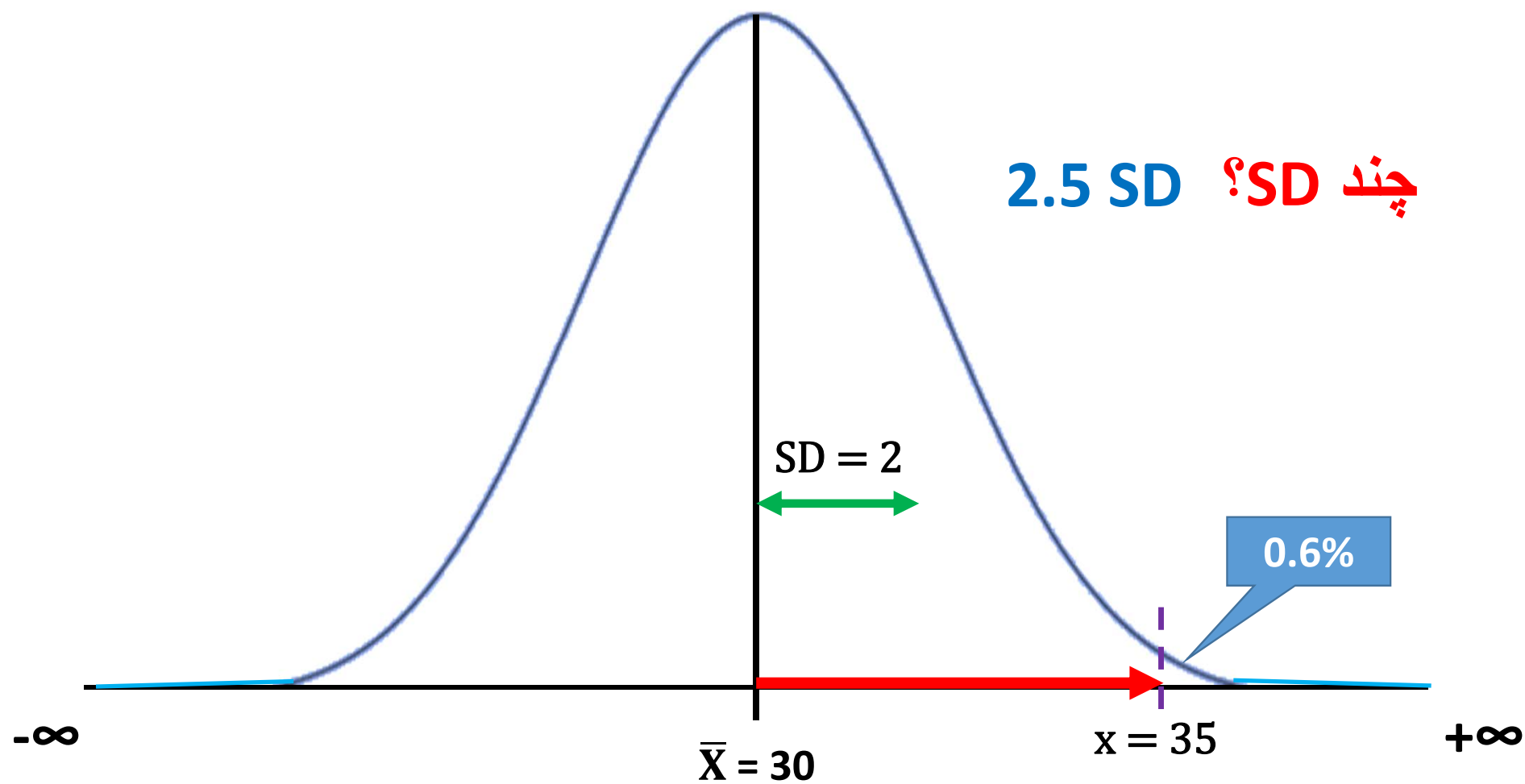


- محاسبات در توزیع گاسی، بستگی دارد به فاصله یک نقطه تا میانگین بر حسب SD

چند SD؟

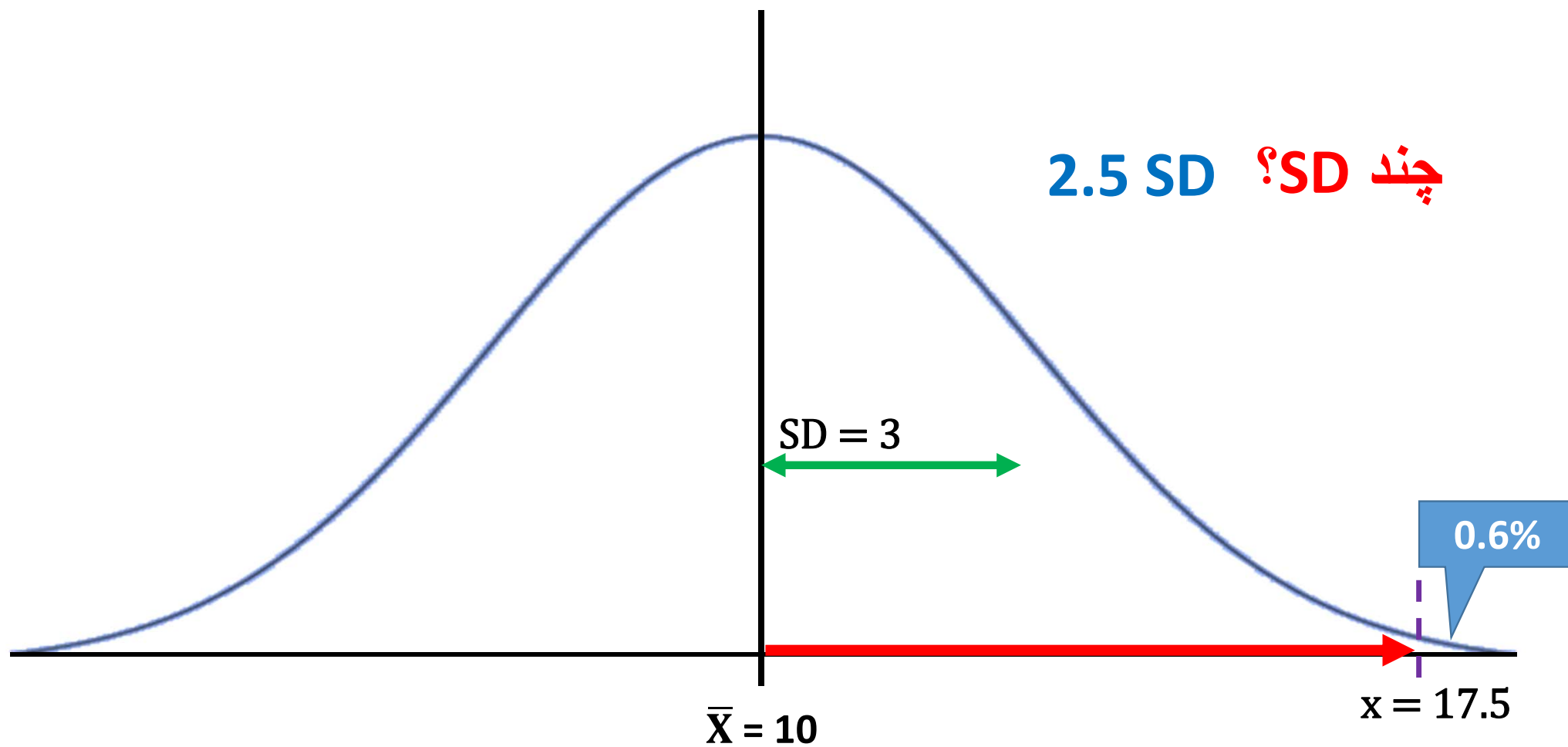


مثال



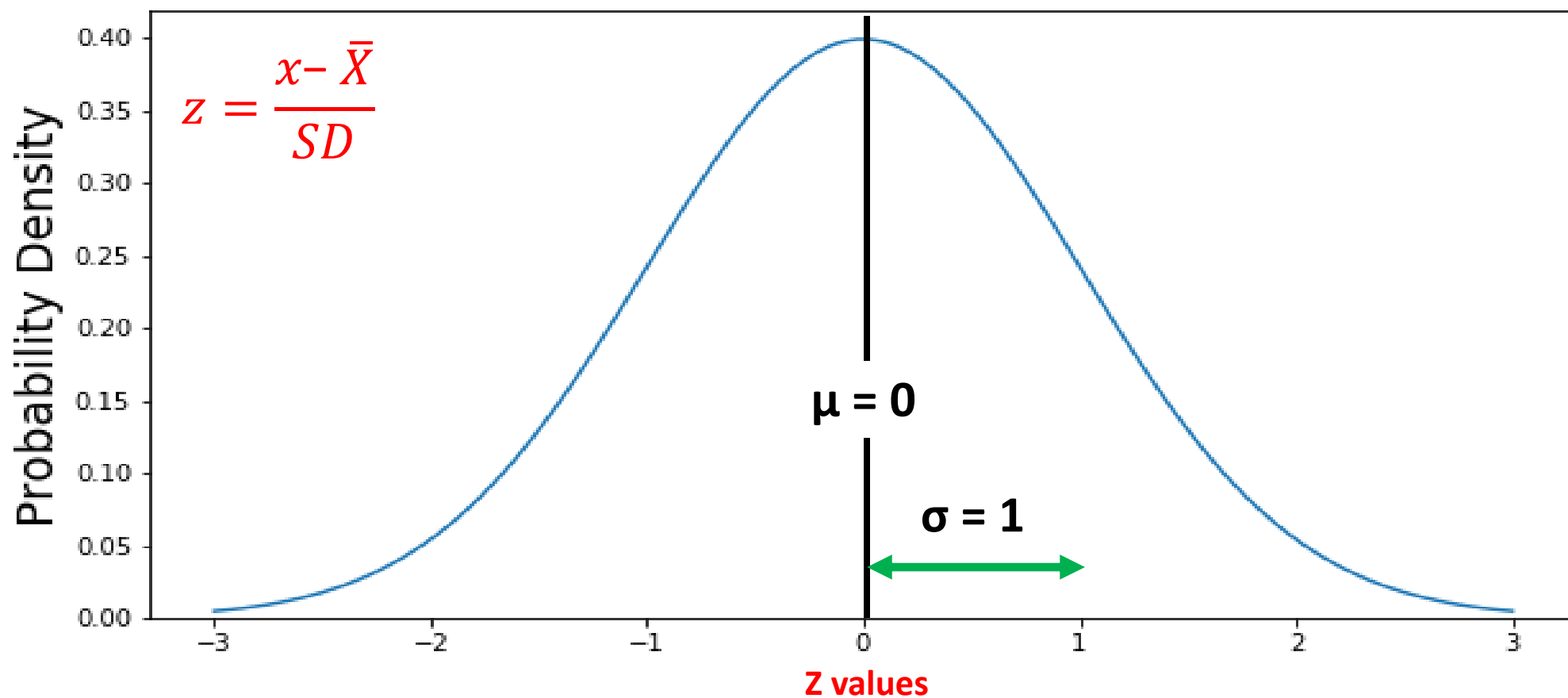
مثال

چند SD؟ 2.5 SD



توزیع گاسی معیار (استاندارد)

مقدار z : فاصله از میانگین با واحد انحراف معیار؛ چند SD



مثال

تولید میله‌های فولادی

Mean = 108 cm

SD = 3 cm

TV = 108 cm

DEV_a = ± 7 cm

فراوانی میله‌های بلندتر از 115؟

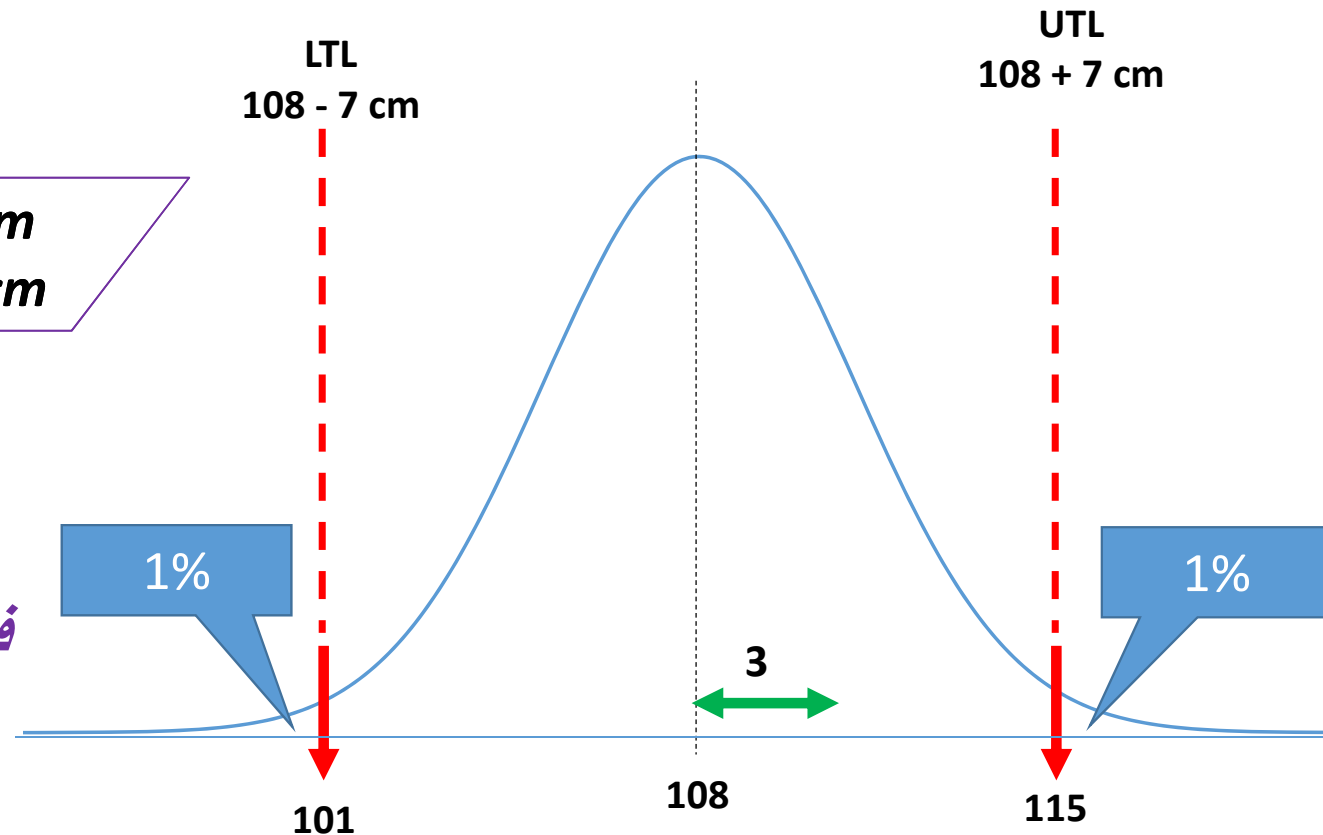
$$Z = (115 - 108) / 3 = 7 / 3 = \mathbf{2.3}$$

فراوانی میله‌های کوتاه‌تر از 101؟

$$Z = (-7) / 3 = \mathbf{-2.3}$$

DR = 2%

DR_a = 5%



LTL: Lower Tolerance Limit
UTL: Upper Tolerance Limit


Example

Mean = 108 cm

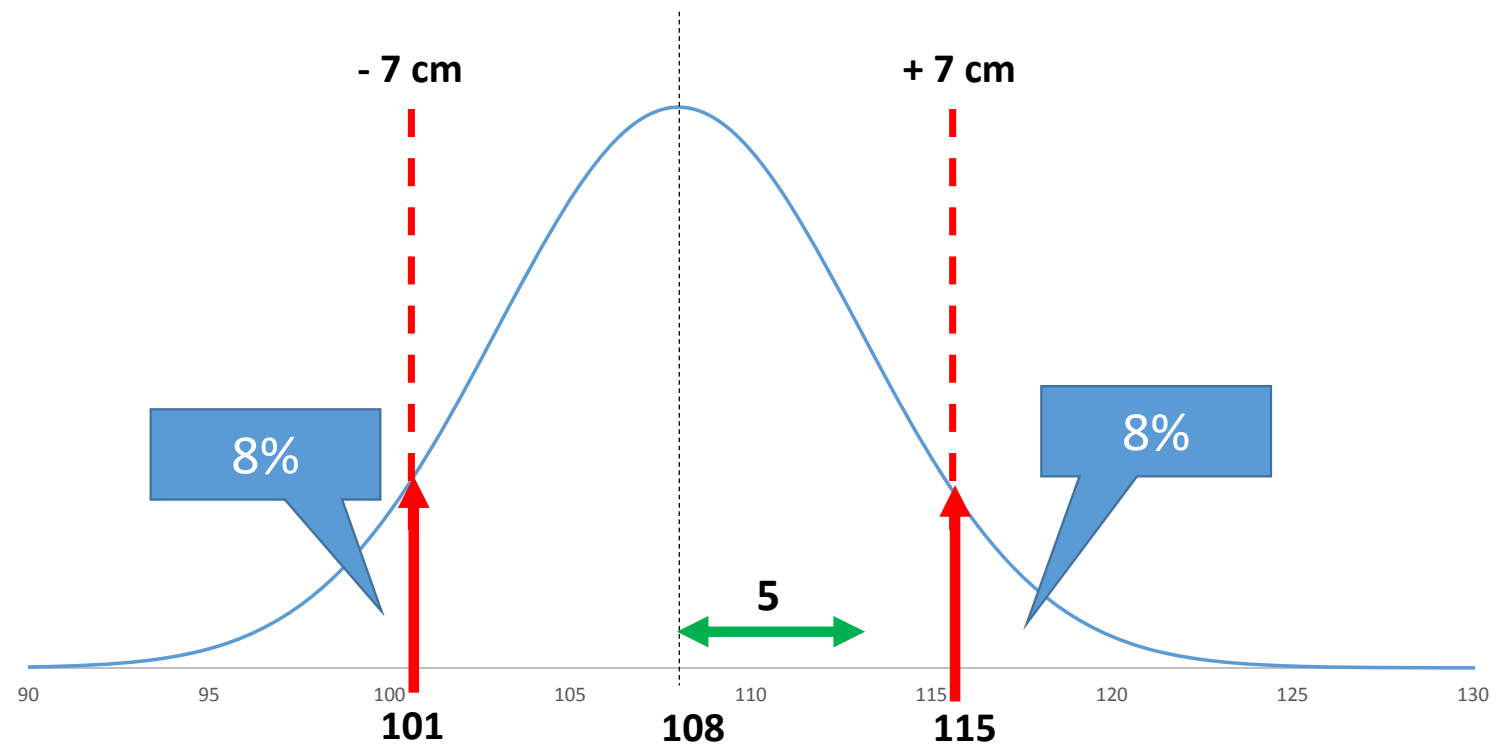
SD = 5 cm

$$Z_{UTL} = 7/5 = 1.4$$

$$Z_{LTL} = (-7)/5 = -1.4$$

DR = 16% 

$DR_a = 5\%$



عیار سیگما

• چیست؟

شاخص نرخ خطا

• چرا؟

معیار اعتمادپذیری نتایج

• کجا؟

در همه جوانب سنجش

عملکرد سنجشی

الزامات عملکردی

اهداف کیفیت

ارزیابی عملکرد

قابل قبول؟

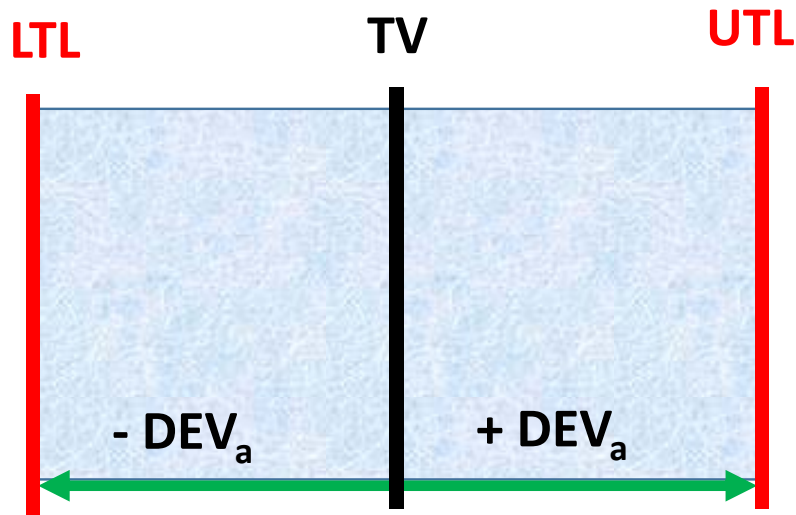
ارزیابی کیفیت

بله

استفاده و پایش کیفیت

پایش کیفیت

الزامات شش سیگما



❖ مقدار هدف؛ Target Value (TV)

1. انحراف مجاز؛ Allowable Deviation (DEV_a)

چه مقدار انحراف از مقدار هدف مجاز است؟

- مرز تحمل/مجاز؛ Tolerance Limit (TL)

- کامل/ناقص؛ Defect/Perfect

2. نرخ مجاز خطا؛ Allowable Defect Rate (DR_a)

چه میزان خطا/نقص مجاز است؟

❖ ارزیابی عملکرد

1. تعیین نرخ خطا

2. آیا نرخ خطا از نرخ مجاز کمتر است؛ $DR < DR_a$ ؟



رویکرد شمارشی



رویکرد آماری (توزیع-بنیان)

روش شمارش



روش آماری

- نمونه‌گیری از محصول
- برآورد میانگین، عدم صحت و عدم دقت
- محاسبه سطح زیر منحنی بیرون از مرزهای مجاز

Example

Manufacturing metal balls

Target Dimeter = 100 mm

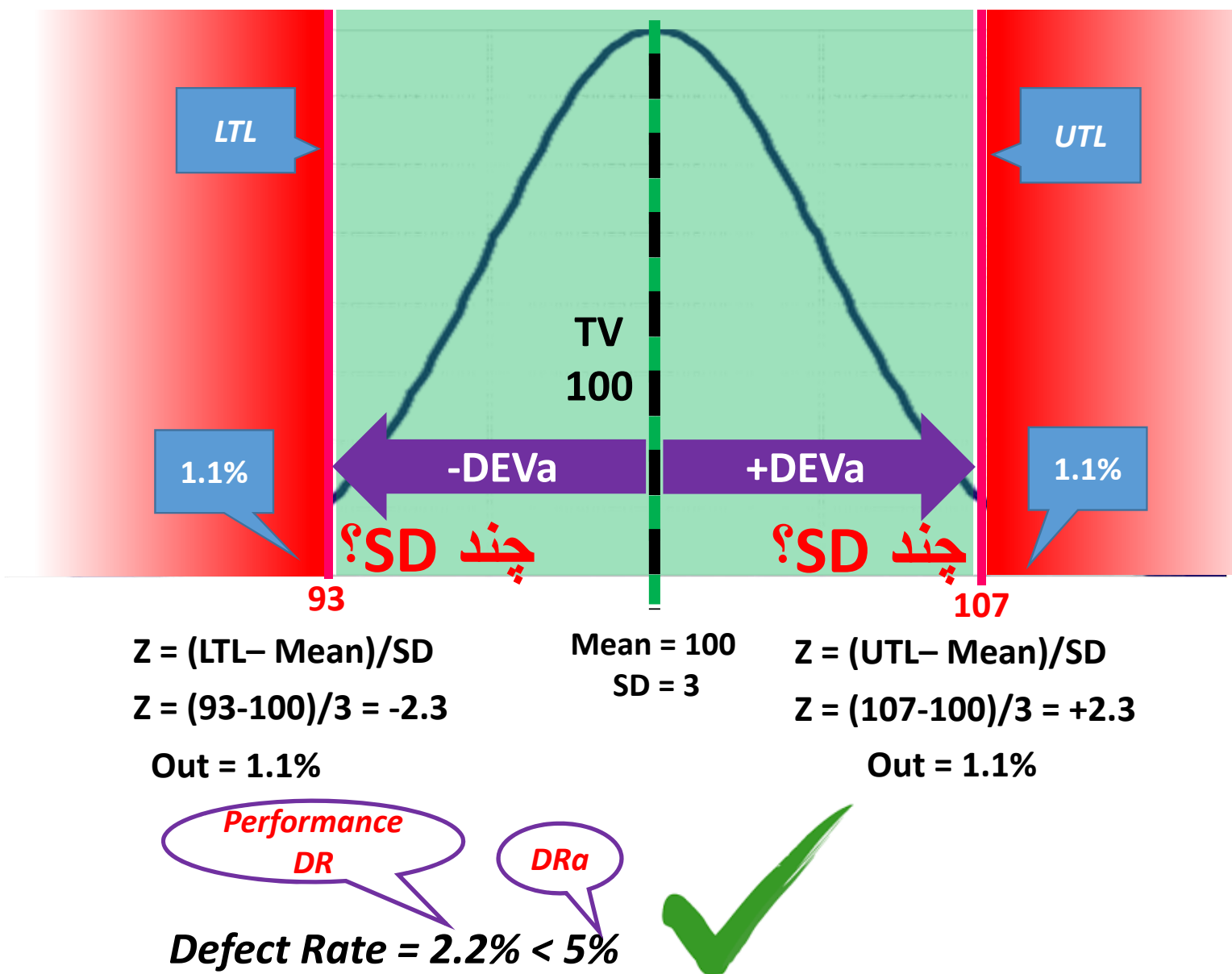
Performance SPECIFICATION

- DEVa = 7%
- DRa = 5%

Performance EVALUATION

- Mean = 100 mm
- SD = 3 mm

Calculation: Defect Rate?



Example

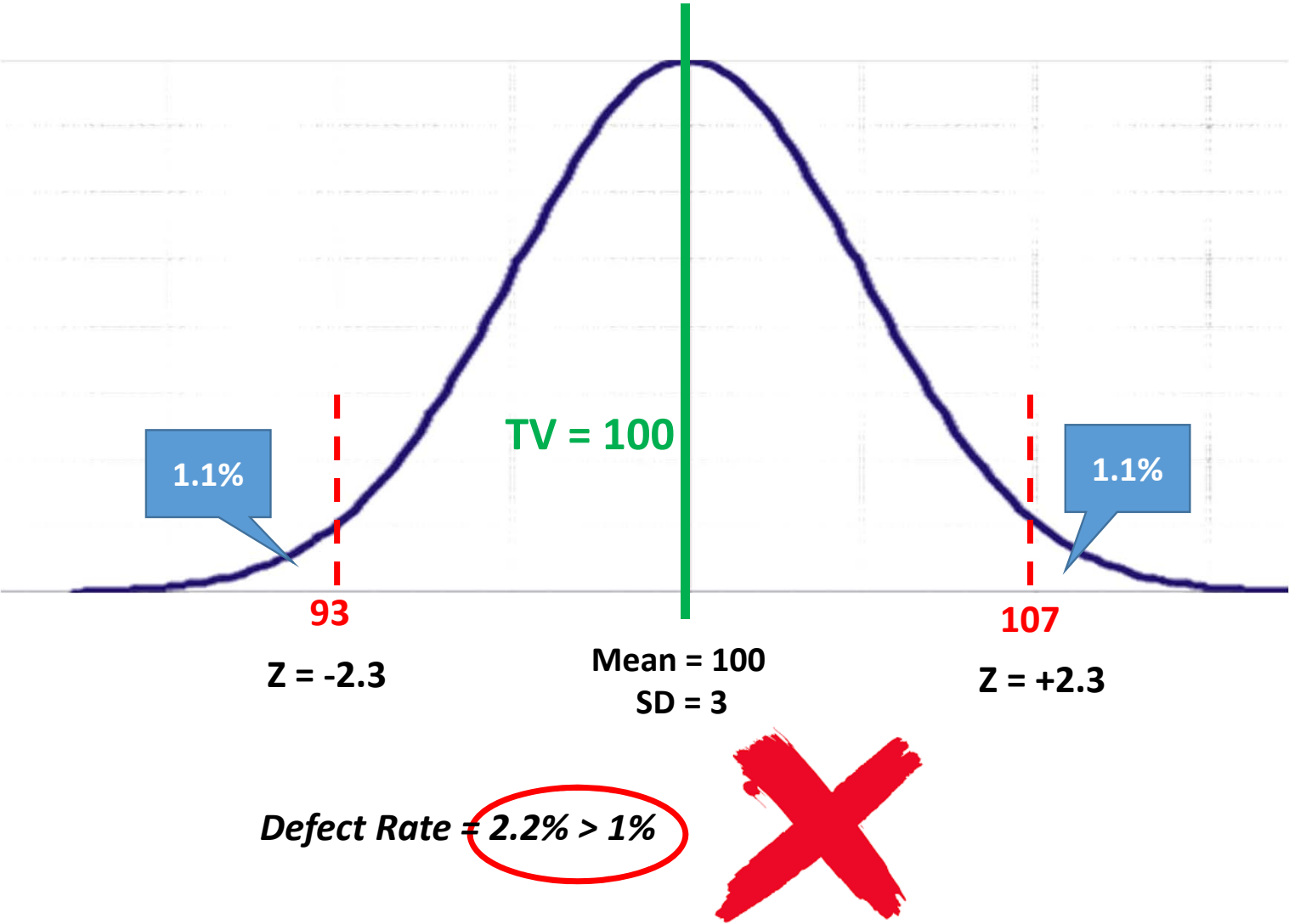
Manufacturing metal balls

Target Value = 100 mm

Mean = 100 mm

SD = 3 mm

- DEVa = 7%
- **DRa = 1%**



Example

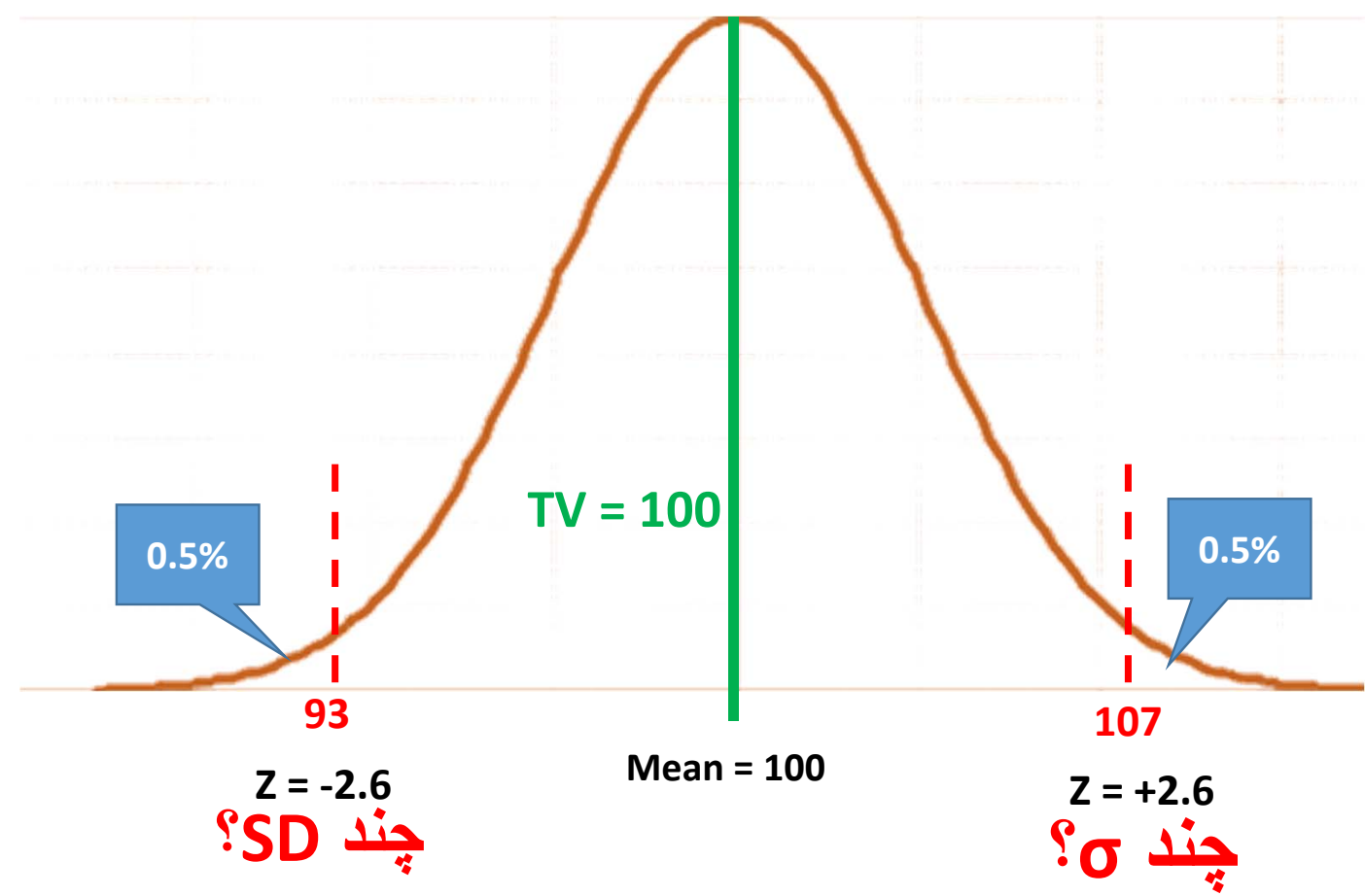
Manufacturing metal balls

Target Value = 100 mm

Mean = 100 mm

SD = ?

- DEVa = 7%
- DRa = 1%



- Out = 0.5%
- $z = \pm 2.6$

$$z = \frac{x - \bar{X}}{SD}$$

$$2.6 = \frac{7}{SD}$$

$$SD = \frac{7}{2.6} = 2.7$$

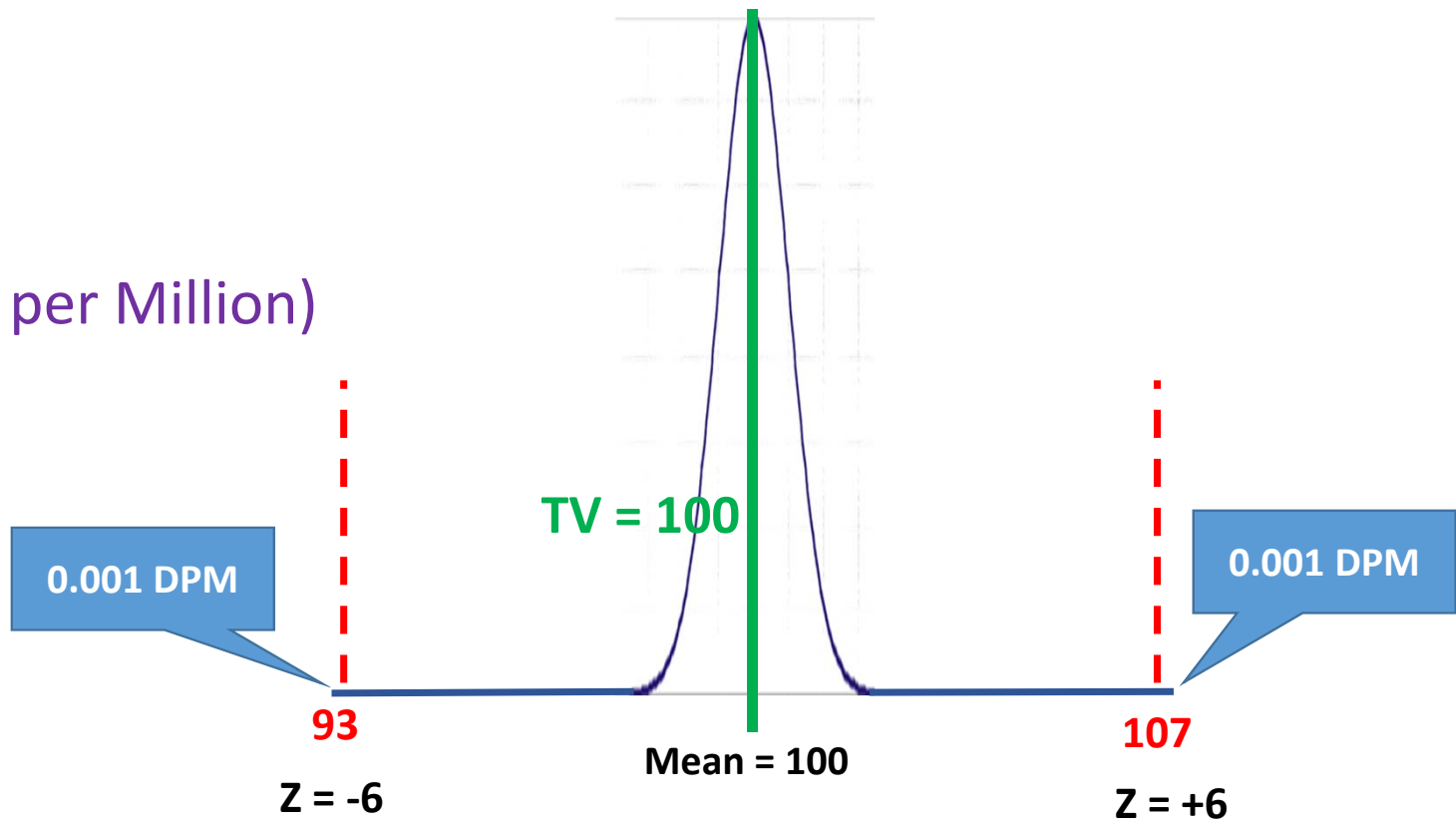
Example

- $DEVa = 7\%$
- $DRa = 0.002 \text{ DPM}$ (Defect per Million)

$Z_{LTL} = -6$
 $Z_{UTL} = 6$

چند σ ؟

$SD = 7/6 = 1.16$



✓ هر چه عدم دقت کمتر است (دقت بهتر است):

SD - استاندارد انحراف معیار فاصله بین «میانگین» تا «محدود» مقدار

➤ مقدار Z در مرز مجاز (چند σ)، شاخصی است برای میزان خطا

✓ هر چه Z در مرز مجاز بزرگتر است، دنباله پیرون از مرز باریکتر است



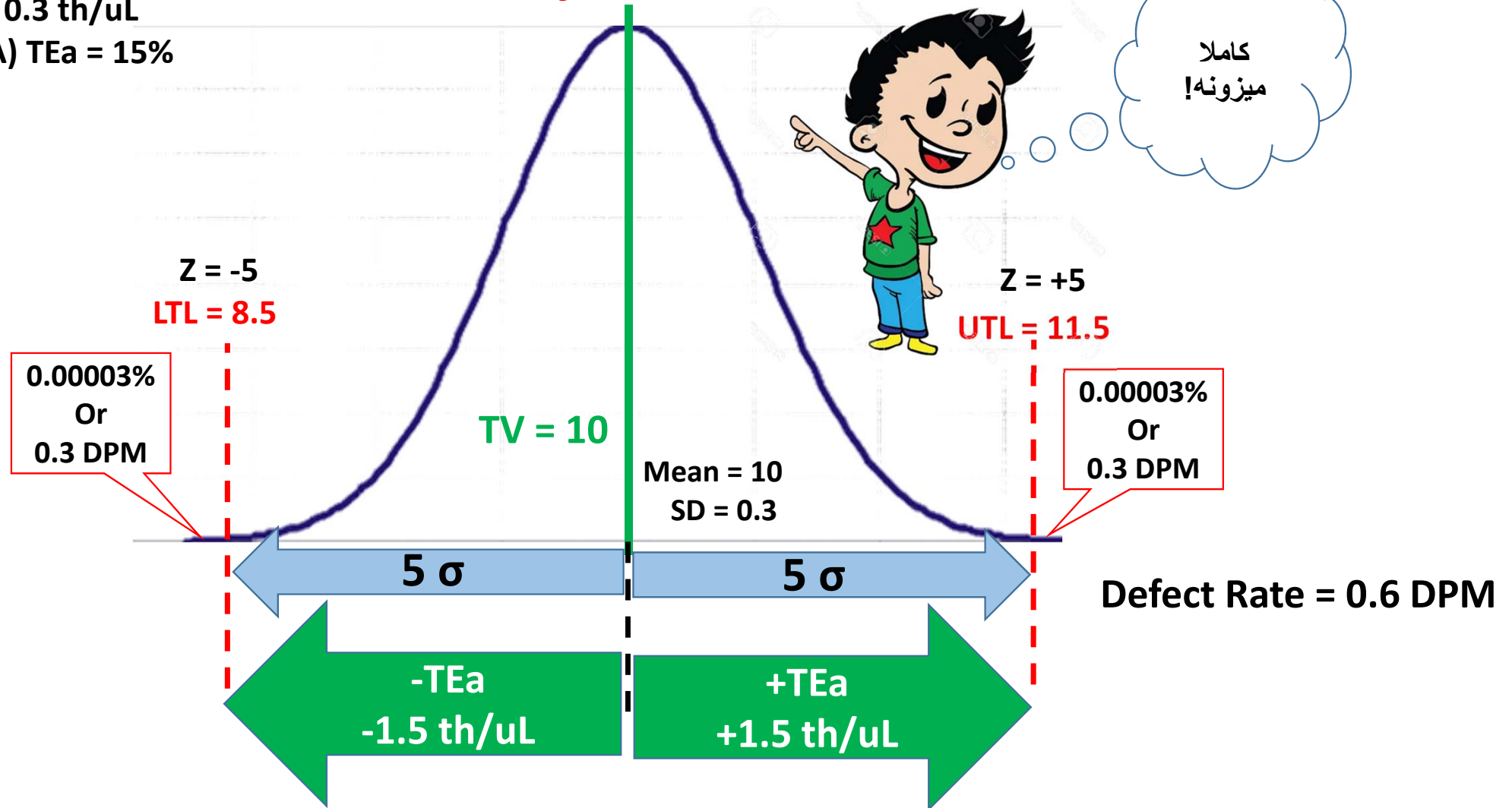
WBC

Mean = 10 th/uL

SD = 0.3 th/uL

(CLIA) TEa = 15%

Centered Performance



WBC

Mean = 10.6 th/uL

SD = 0.3 th/uL

(CLIA) TEa = 15%

عملکرد نامیزان
Off-center

TV
10

Mean
10.6

$$Z = \frac{8.5 - 10.6}{0.3} = -7$$

$$Z = \frac{11.5 - 10.6}{0.3} = +3$$

LTL = 8.5

UTL = 11.5

0.6
Bias
or
2 SD

SD = 0.3

0.000001 DPM

1350 DPM

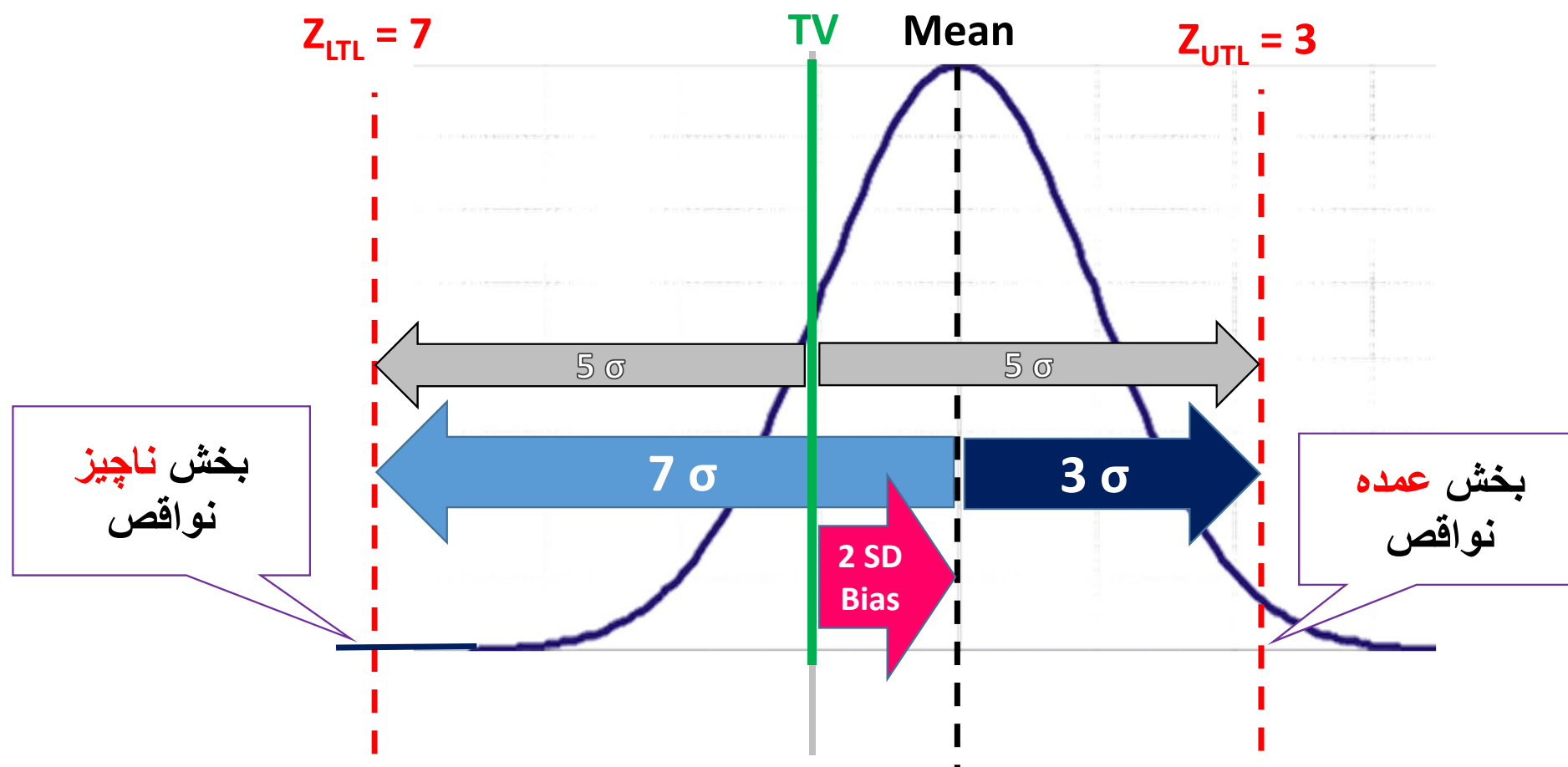
چند σ ؟

چند σ ؟

DR = 1350.000001 DPM

DR \approx 1350 DPM

پرسش: مقدار z در کدام مرز، شاخص مناسب برای نرخ خطاست؟



حرف کدوم درسته؟

فاصله از کدوم طرف
شاخص بهتریه برای خطر؟

چند سیگما؟
3 سیگما یا 7 سیگما؟



7σ

ای ول! 7 متر (7)
انحراف معیار) با
لبه فاصله دارم؛
جام امن امنه!

مواظب باش!
فاصله تو با لبه
فقط 3 انحراف
معیاره!



3σ

7 meter

3 meter

5 meter

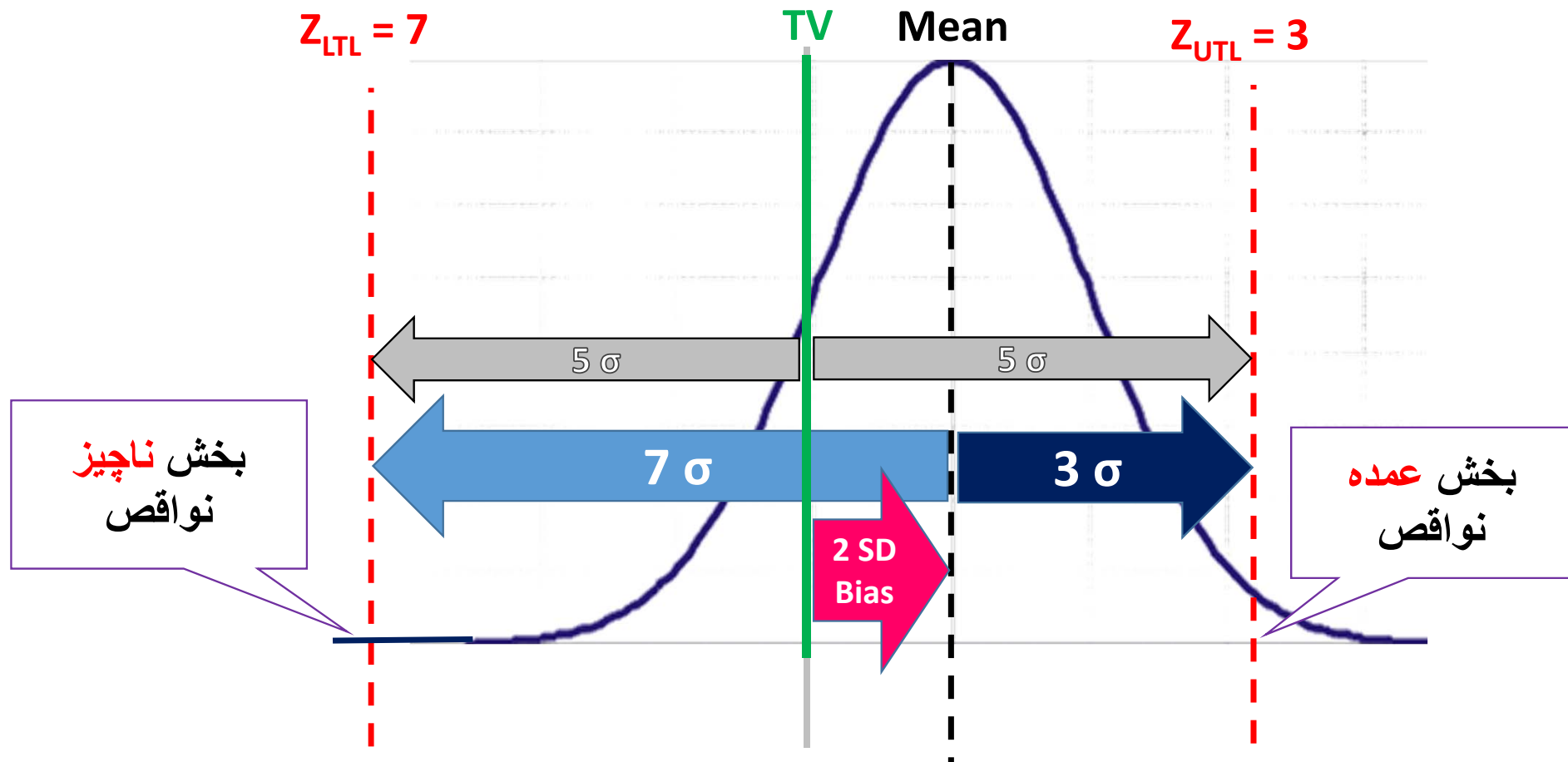
5 meter

$\sigma = 1\text{ m}$

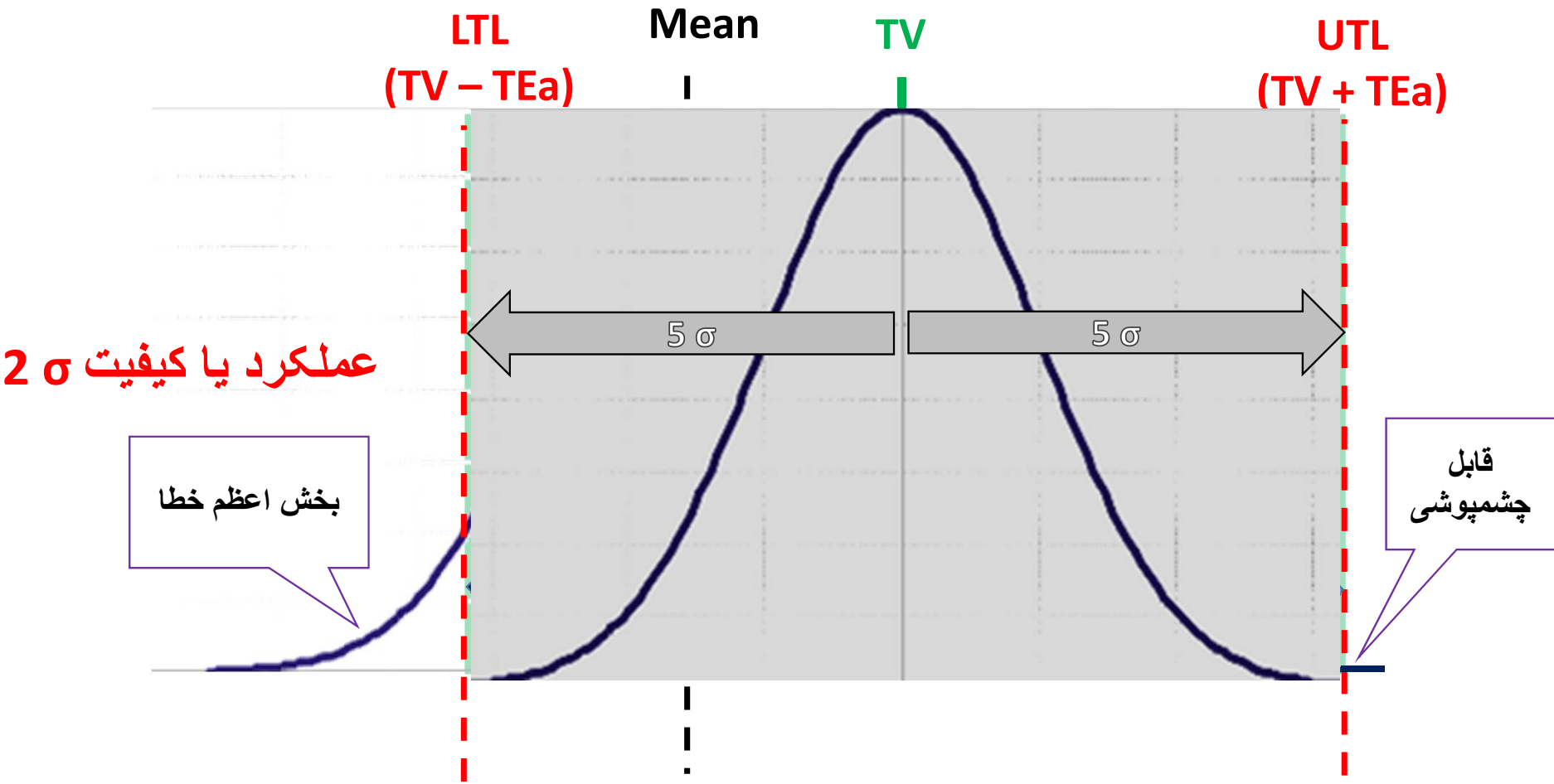
$\sigma = 1\text{ m}$

پرسش: مقدار z در کدام مرز، شاخص نرخ خطاست؟

پاسخ: مقدار z در طرف عدم صحت؛ 3σ



Example

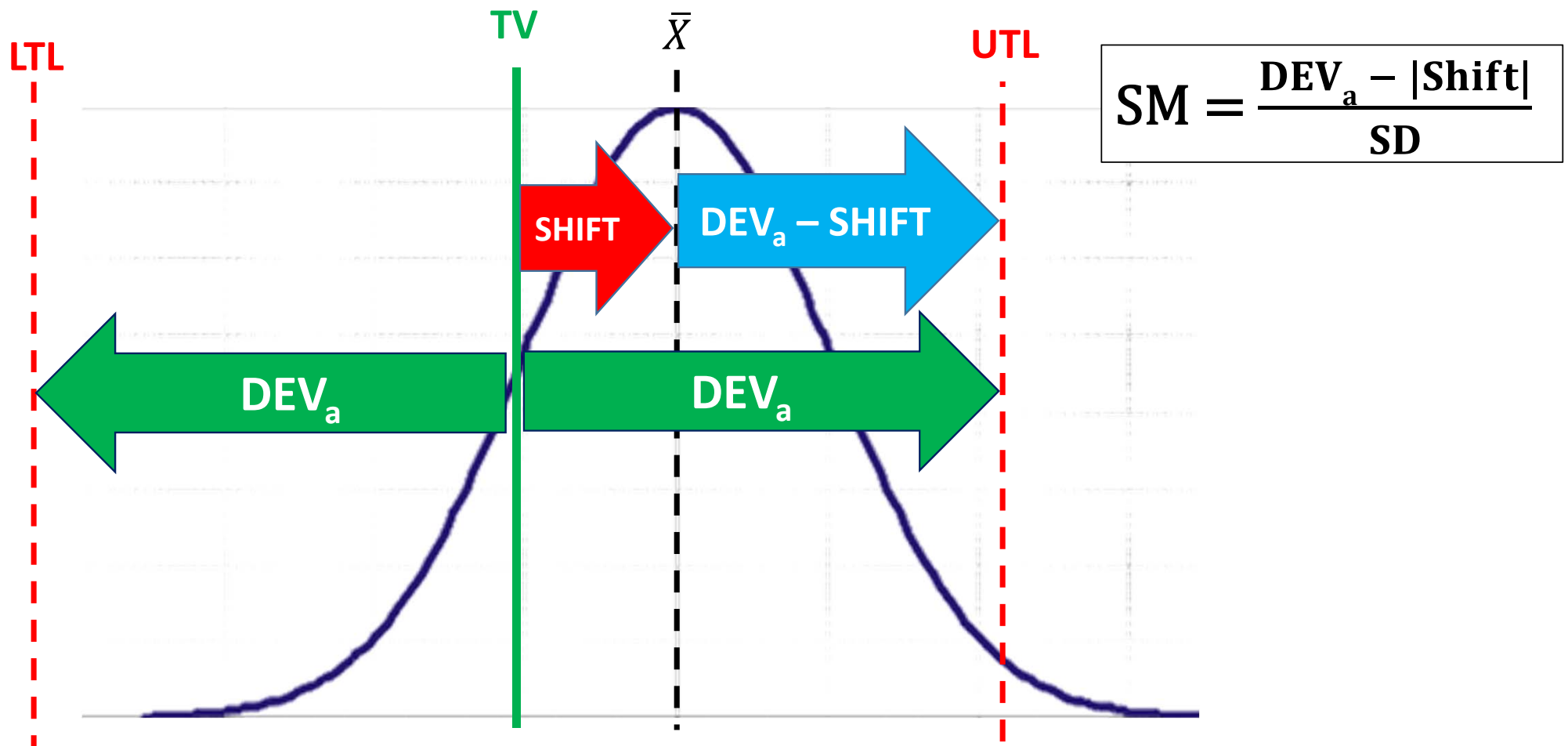


تعریف عیار سیگما

➤ تعداد SDها (سیگماها) در فاصله میانگین تا **نزدیکترین** مرز مجاز

➤ برابر است با z در نزدیکترین مرز (مقدار z در طرف انحراف یا عدم صحت)

فرمول عیار سیگما
(1) تعداد SD ها بین میانگین و نزدیکترین مرز



فرمول عیار سیگما

(2) مقدار z نزدیکترین مرز

LTL
(TV - DEVa)

TV

\bar{X}
(TV + Shift)

UTL
(TV + DEVa)

$$z = \frac{x - \bar{X}}{SD}$$

$$z_{TL} = \frac{(\text{TV} + \text{DEVa}) - (\text{TV} + \text{Shift})}{SD}$$

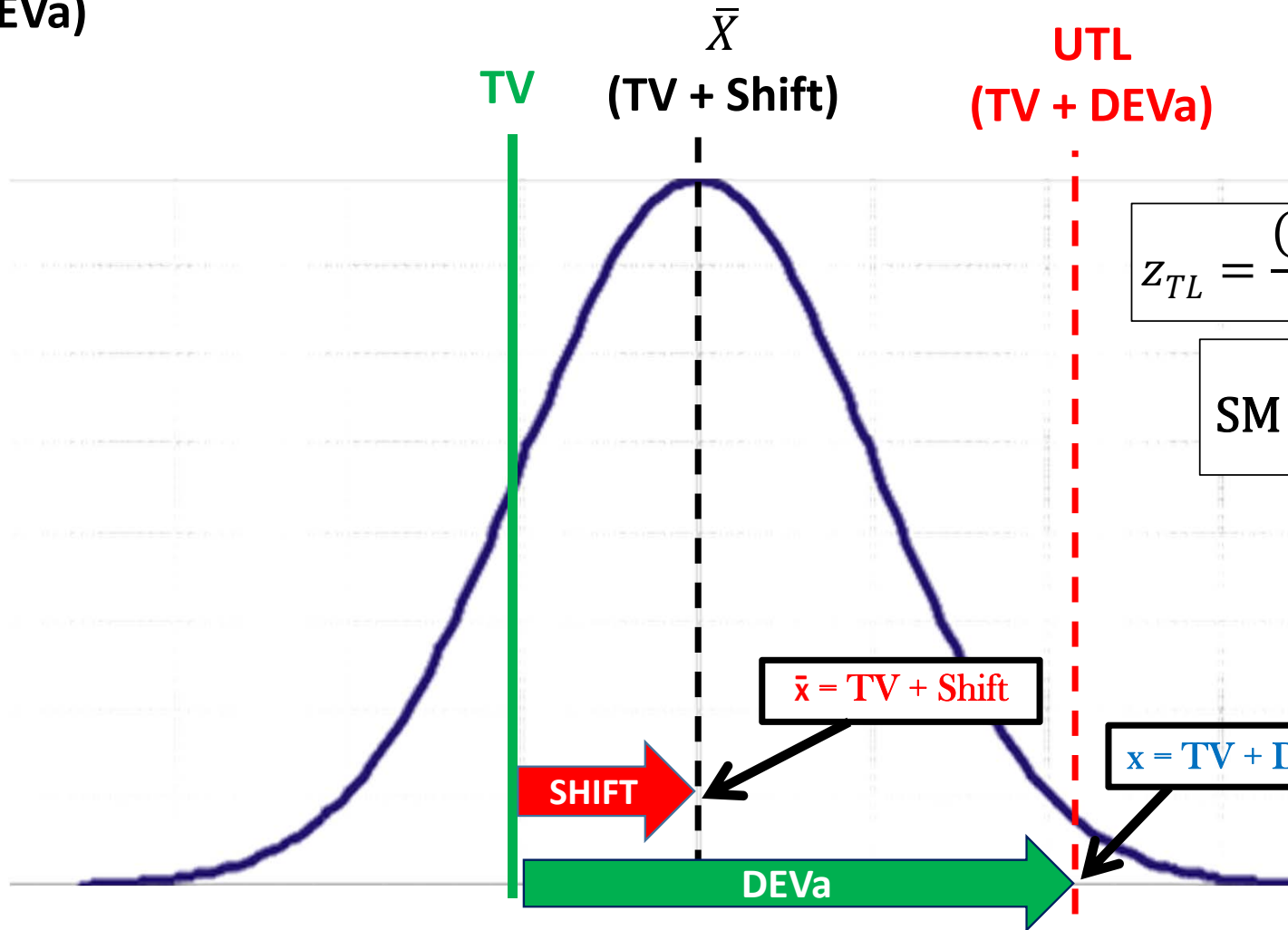
$$SM = \frac{\text{DEVa} - |\text{Shift}|}{SD}$$

$$\bar{x} = \text{TV} + \text{Shift}$$

$$x = \text{TV} + \text{DEVa}$$

SHIFT

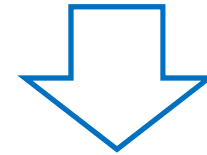
DEVa



فرمول آزمایشگاه هی عیار سیگما

- $DEV_a = TE_a$
- $Shift = Bias$

$$SM = \frac{DEV_a - |Shift|}{SD}$$



Example:

HbA1C

$TE_a = 5 \text{ mmol/mol}$

$Bias = 0.5 \text{ mmol/mol}$

$SD = 1.5 \text{ mmol/mol}$

$$SM = \frac{5 - 0.5}{1.5} = 3$$

Example:

HbA1C

$TE_a = 5 \text{ mmol/mol}$

$Bias = -0.5 \text{ mmol/mol}$

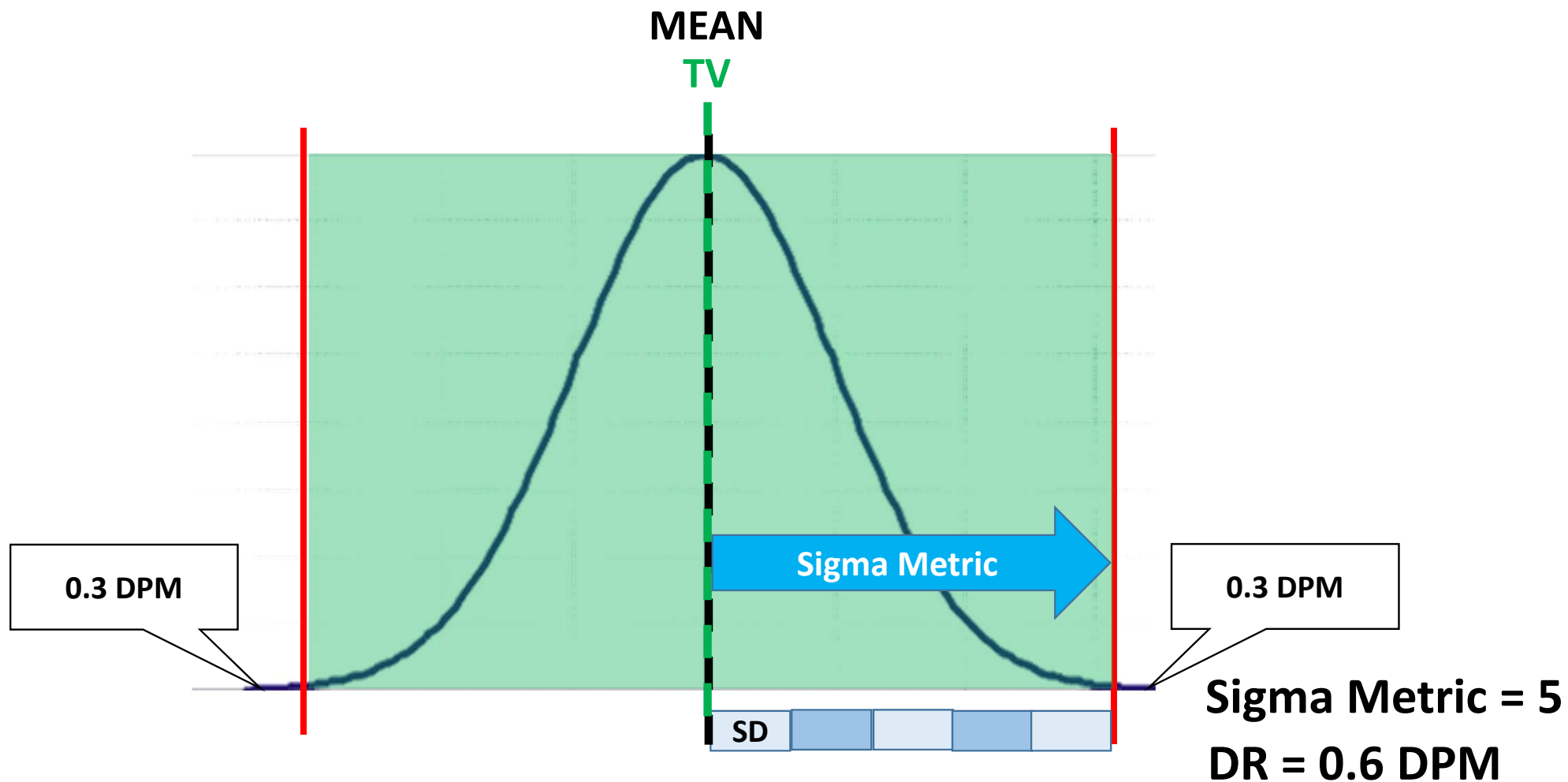
$SD = 1.5 \text{ mmol/mol}$

$$SM = \frac{5 - 0.5}{1.5} = 3$$

$$SM = \frac{TE_a - |Bias|}{SD}$$

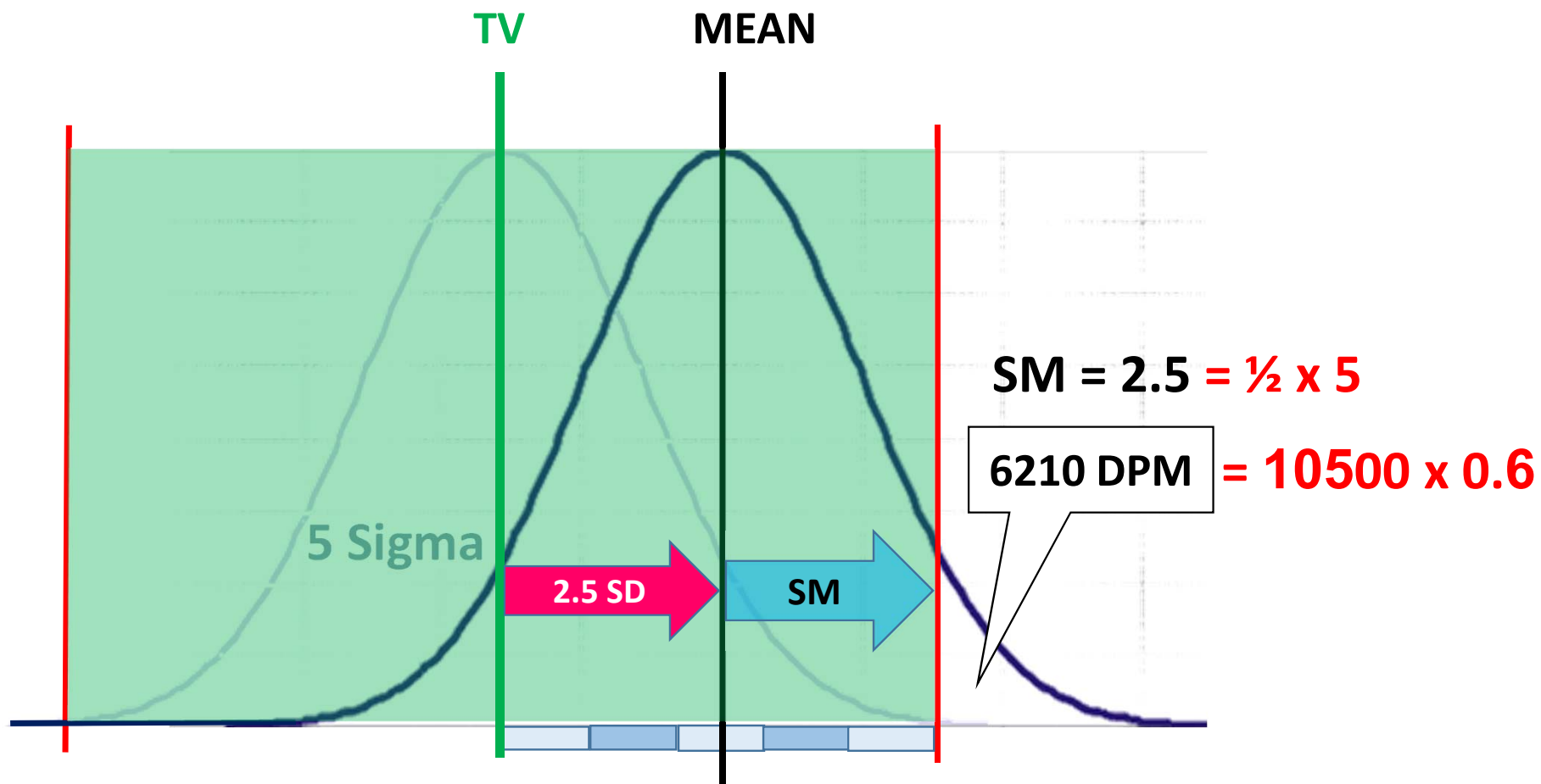
خصوصیات عیار سیگما

(1) رابطه نرخ خطا با عیار سیگما

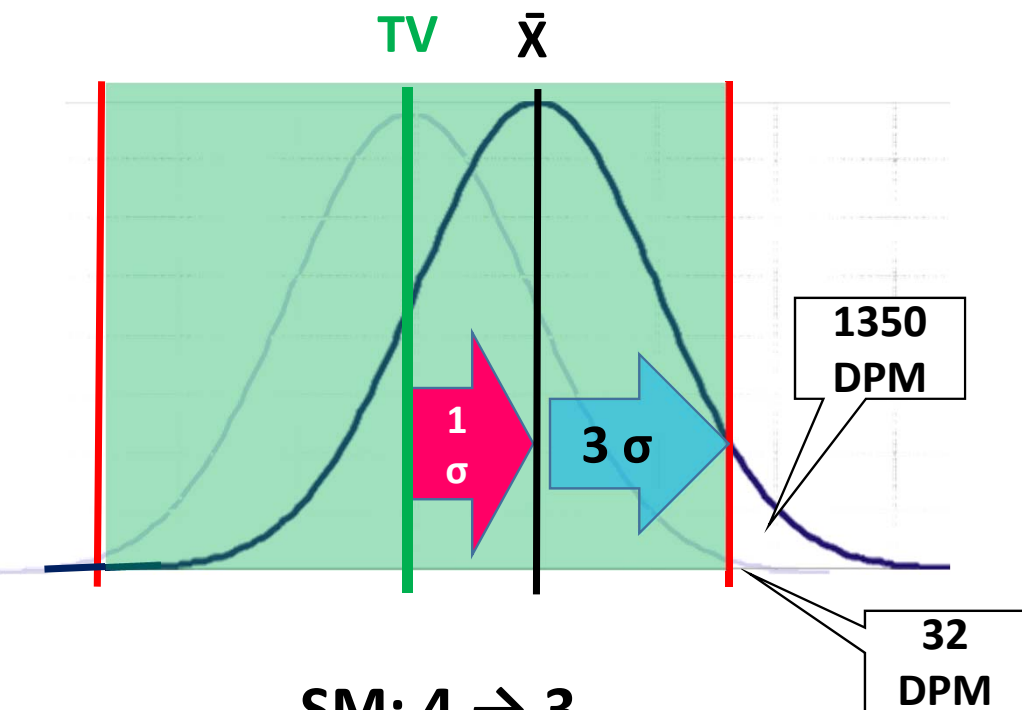


(1) رابطه نرخ خطا با عیار سیگما

رابطه بین عیار سیگما و میزان خطا **خطی نیست**



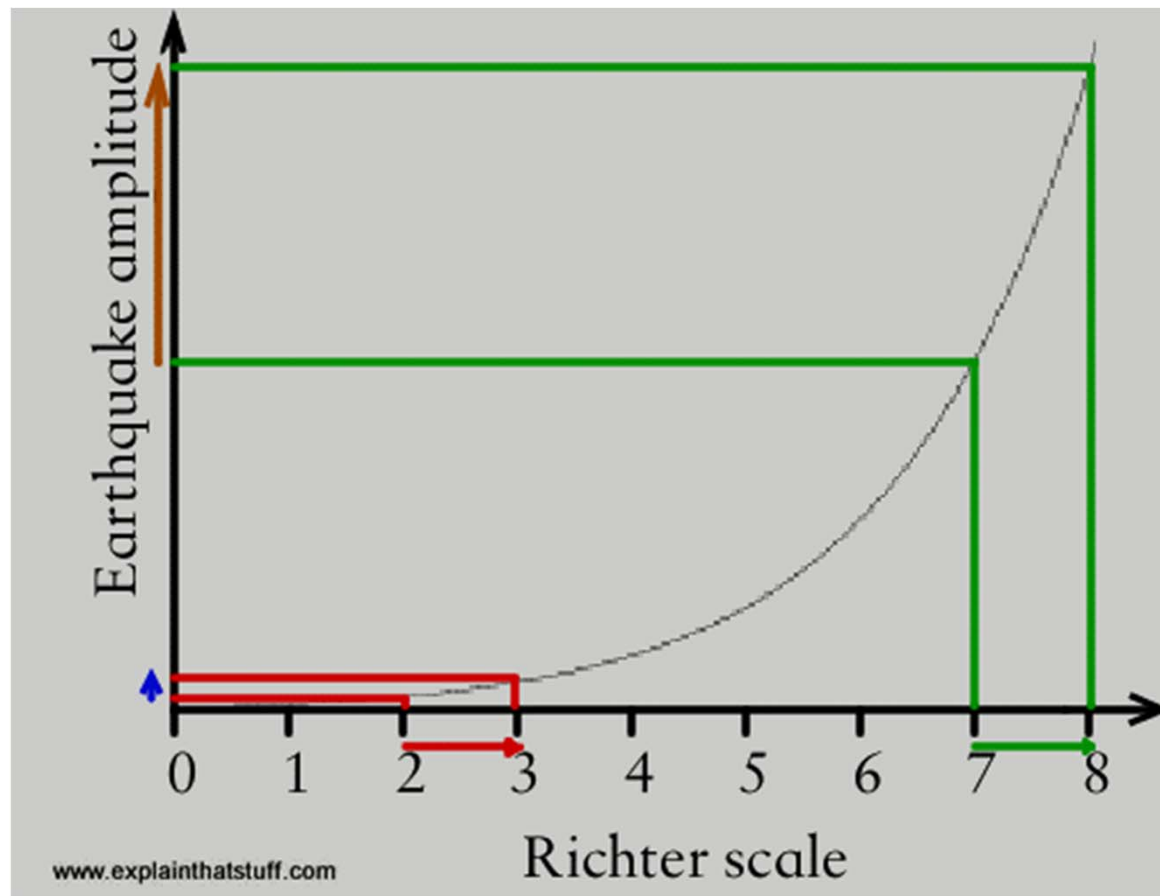
Sigma	DPM
1	317000
2	45500
3	27000
4	63
5	0.6
6	0.002
7	0.0000013



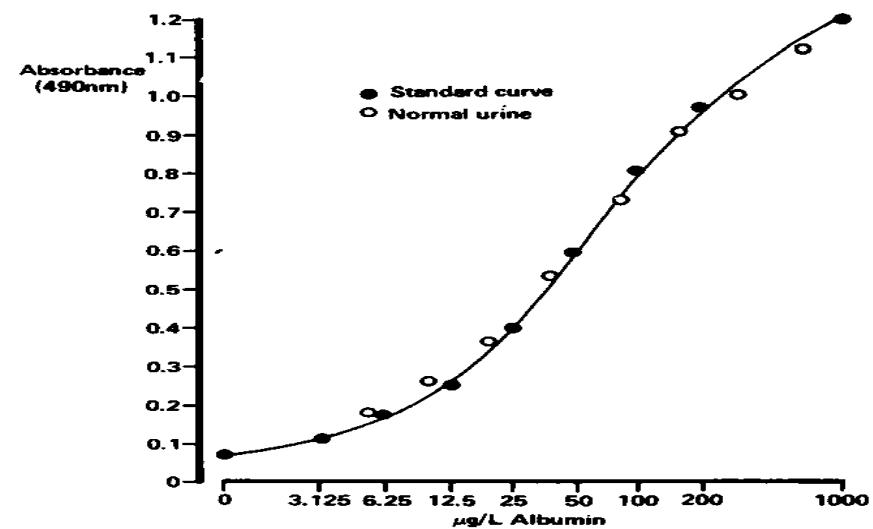
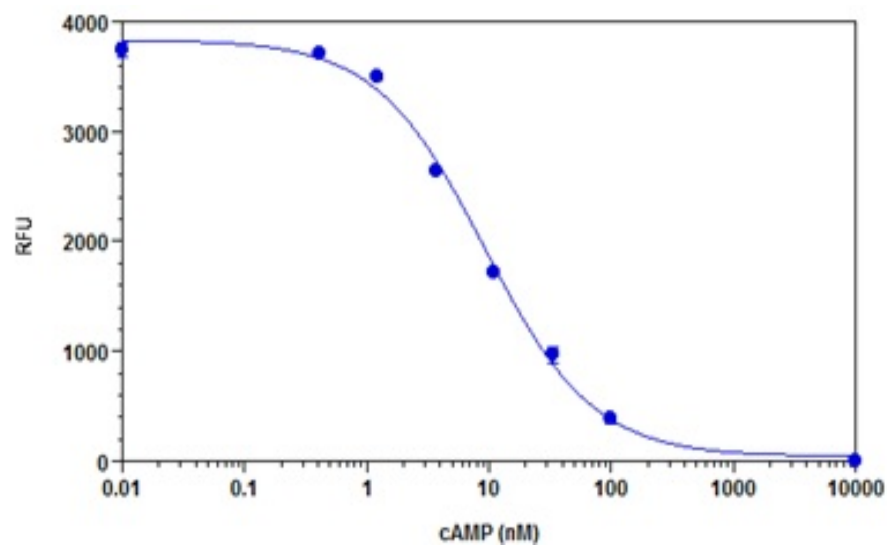
SM: 4 \rightarrow 3

DR: 32 \rightarrow 1350

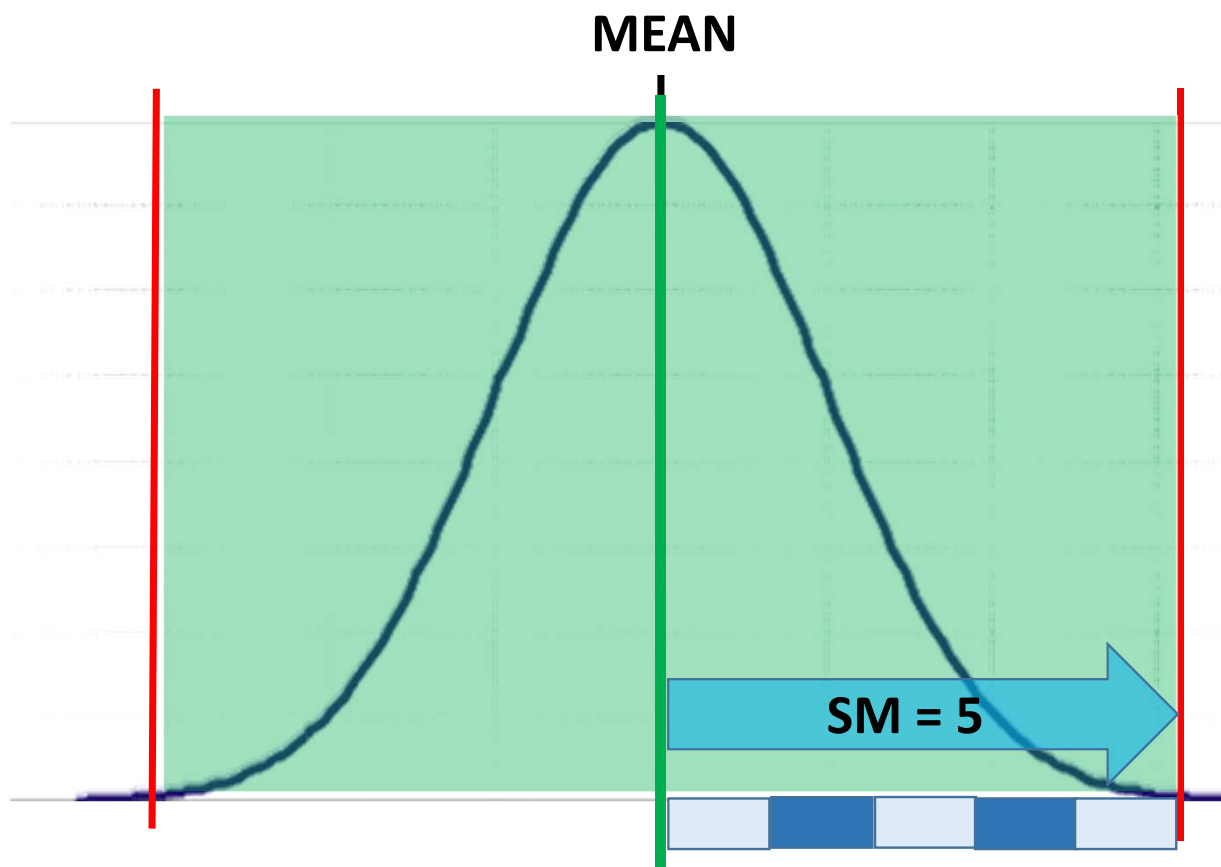
مثل رابطه شدت زمین لرزه با مقیاس ریشتر

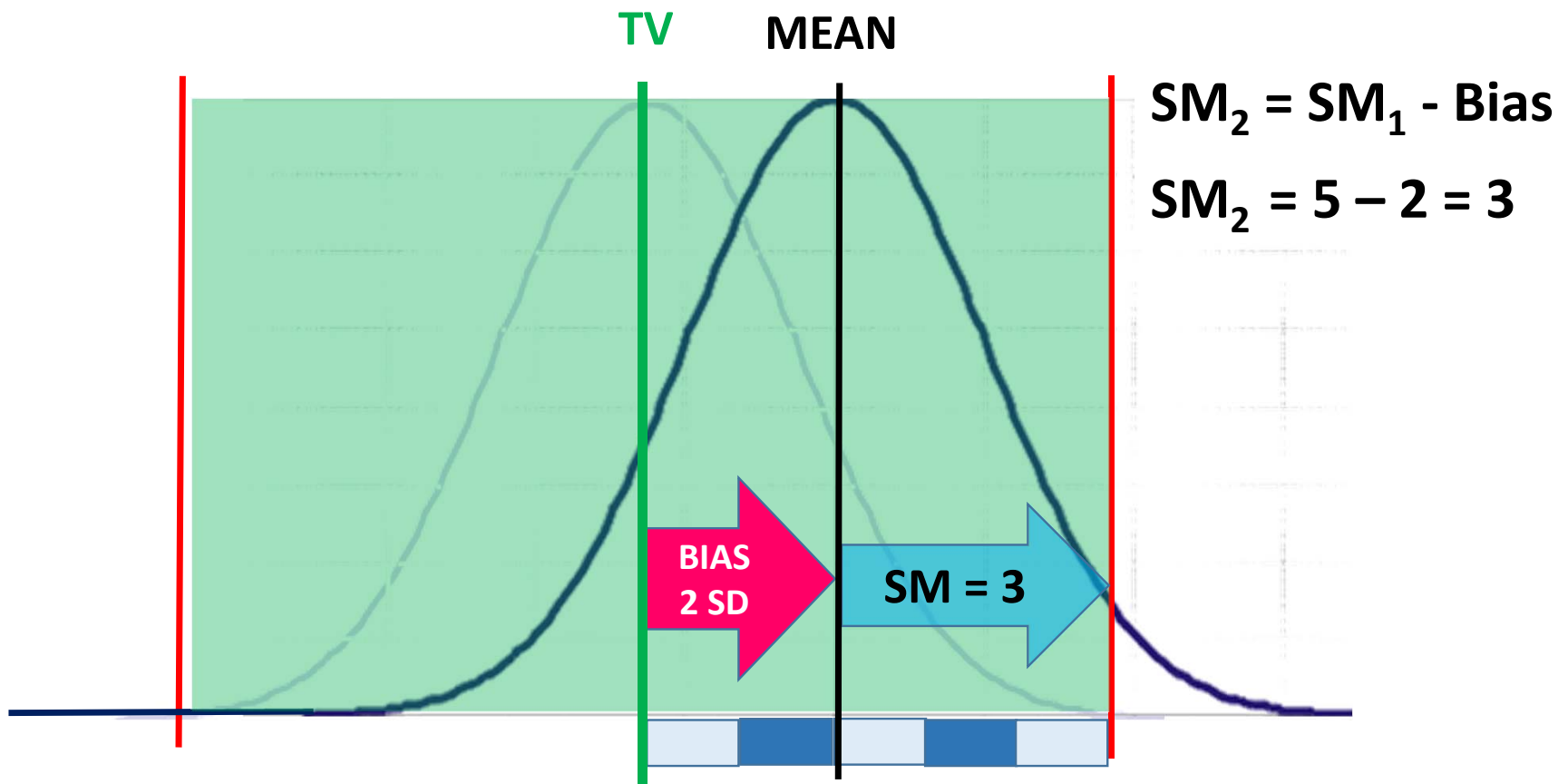


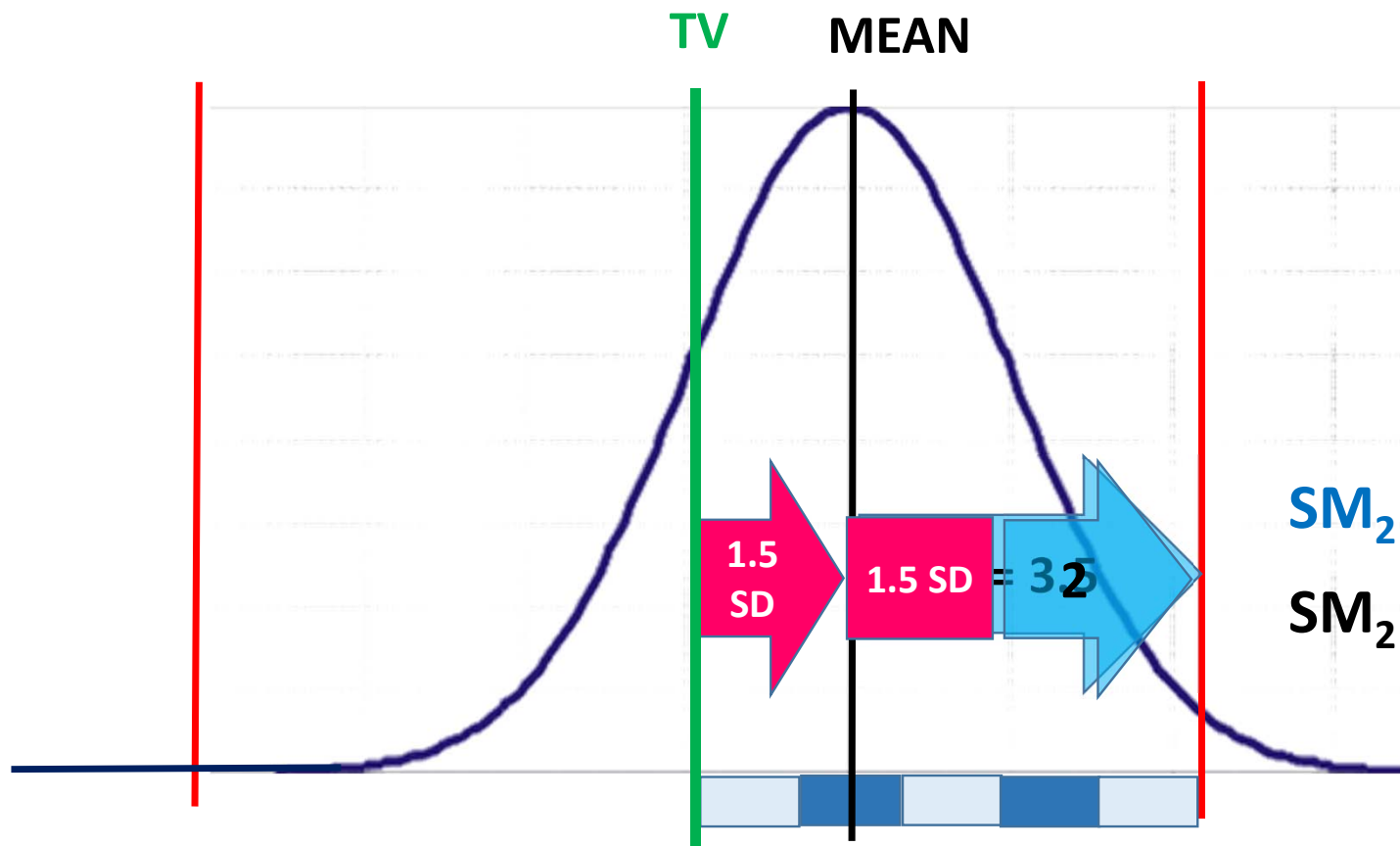
همچنین مثل رابطه پیام با غلظت در ایمونواسی



(2) عملیات حساب روی عیار سیگما

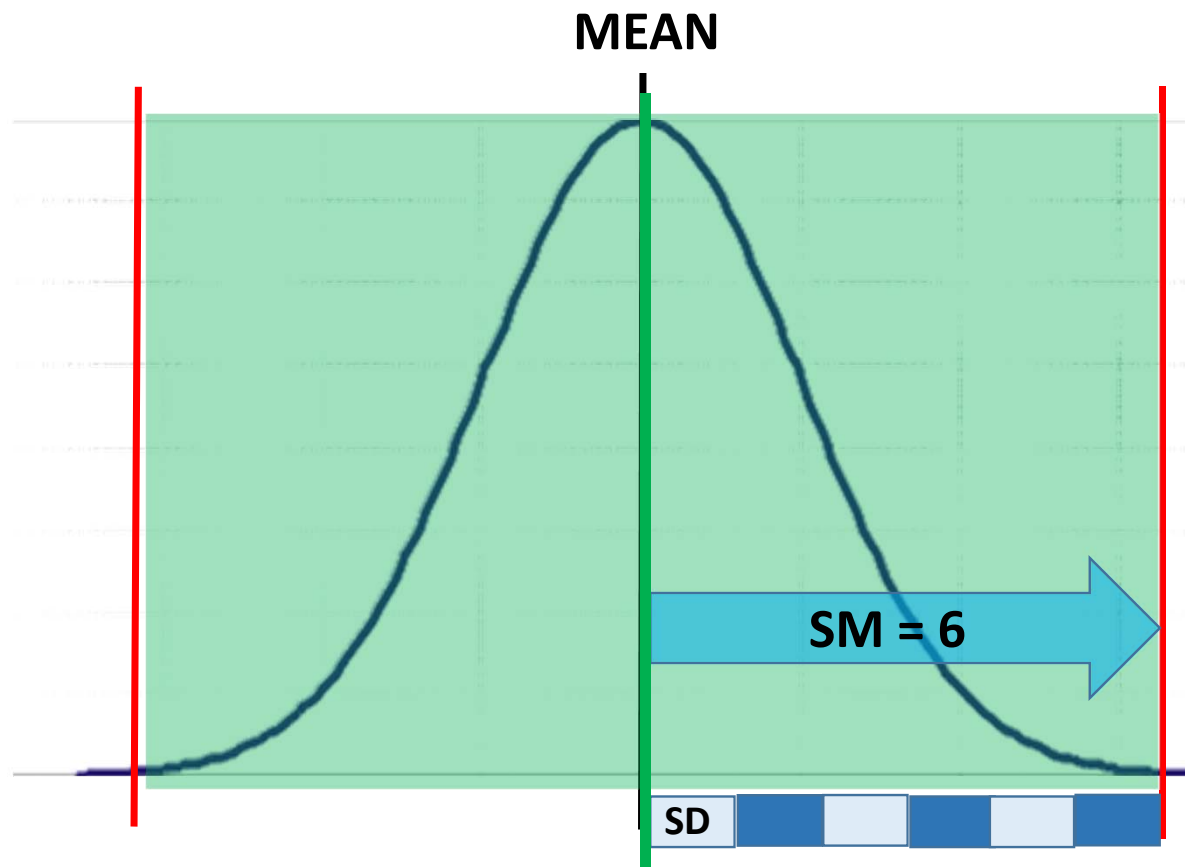






$$SM_2 = SM_1 - \text{Shift}$$

$$SM_2 = 3.5 - 1.5 = 2$$



- عدم صحت یا جابجایی میانگین، به واحد SD را می‌توان با عیار سیگما **جمع و تفریق** کرد
- می‌توان عیار سیگما را در فاکتور تغییر SD (یا CV) **ضرب یا تقسیم** کرد

MEAN

$$SD_2 = 3 \times SD_1$$

$$SM_2 = SM_1 \div 3$$

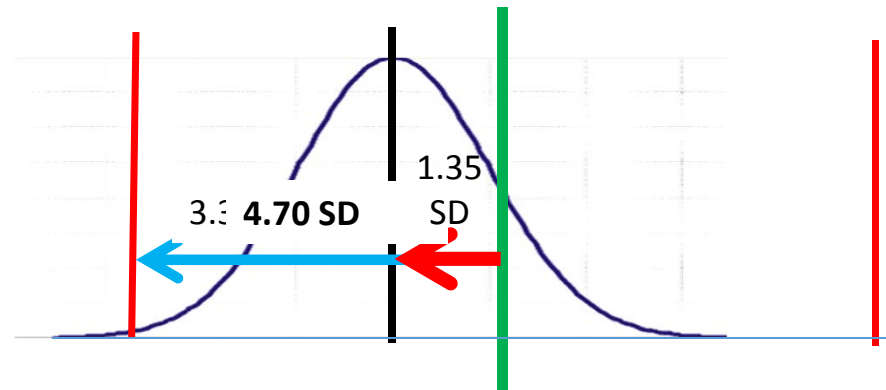
$$SM_2 = 6 \div 3 = 2$$

$$SD_2 = 3 \times SD_1$$

$$SM = 2$$



مثال



$$TEa = 8$$

$$SD = 1.7$$

$$\text{Bias} = -2.3 = 1.35 \text{ SD} \quad \xrightarrow{\text{کالیبر مجدد}} \quad \text{Bias} = 0$$

$$SM = 3.35 \quad \xrightarrow{3.35 + 1.35} \quad SM = 4.7 \quad \text{1.4 برابر افزایش عیار سیگما}$$

$$DR = 404 \text{ DPM} \quad \xrightarrow{\quad} \quad DR = 2.6 \text{ DPM} \quad \text{155 مرتبه کاهش در نرخ خطا}$$

مثال



$$TEa = 8$$

$$SD = 3.2$$

بهبود دقت

$$SD = 2.1$$

$$F = 2.1/3.2 = 1/1.52$$

$$\text{Bias} = -0.4 = 0.12 \text{ SD}$$

$$SM = 2.38$$

$$2.38 \times 1.52$$

$$SM = 3.62$$

1.52 برابر افزایش عیار سیگما

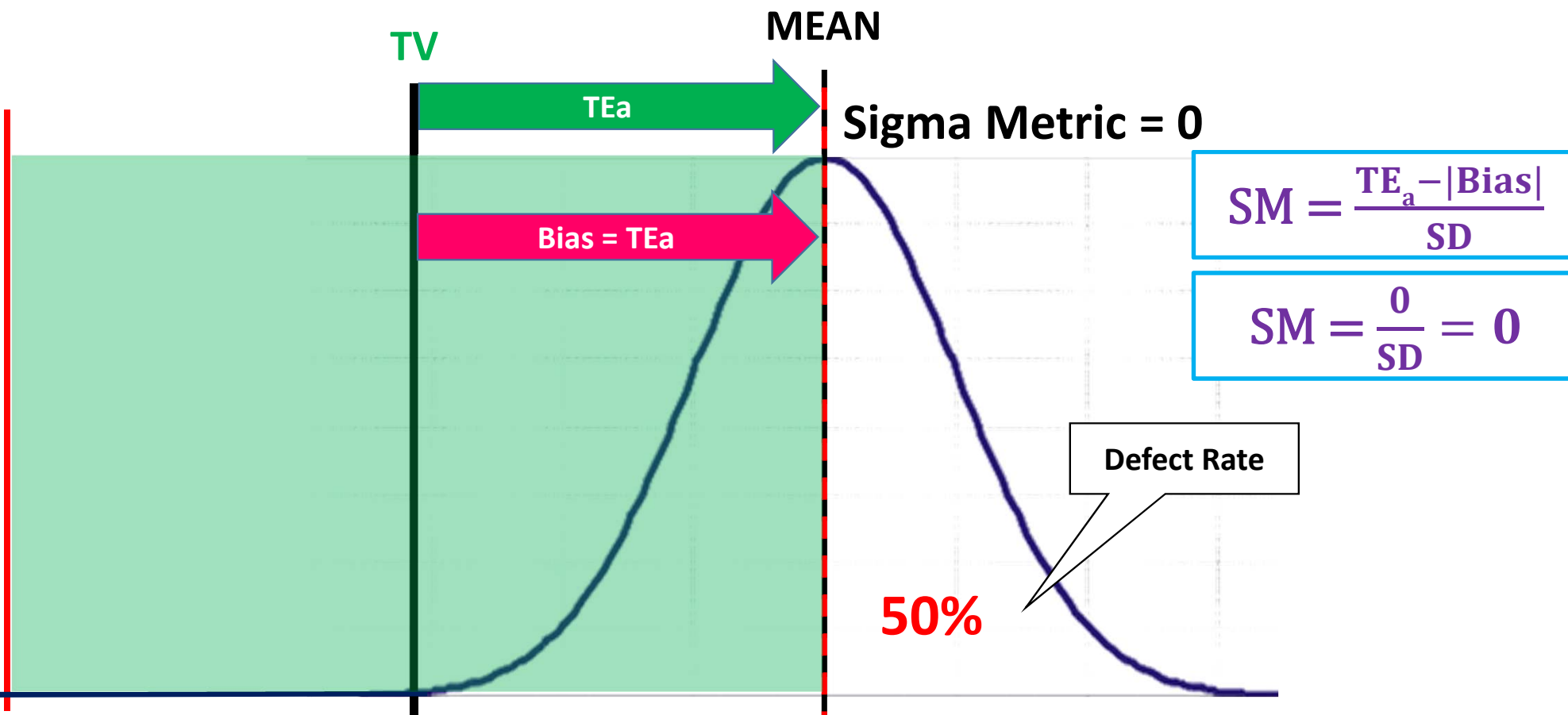
$$DR = 17313 \text{ DPM}$$

$$DR = 296 \text{ DPM}$$

58 مرتبه کاهش در نرخ خطا

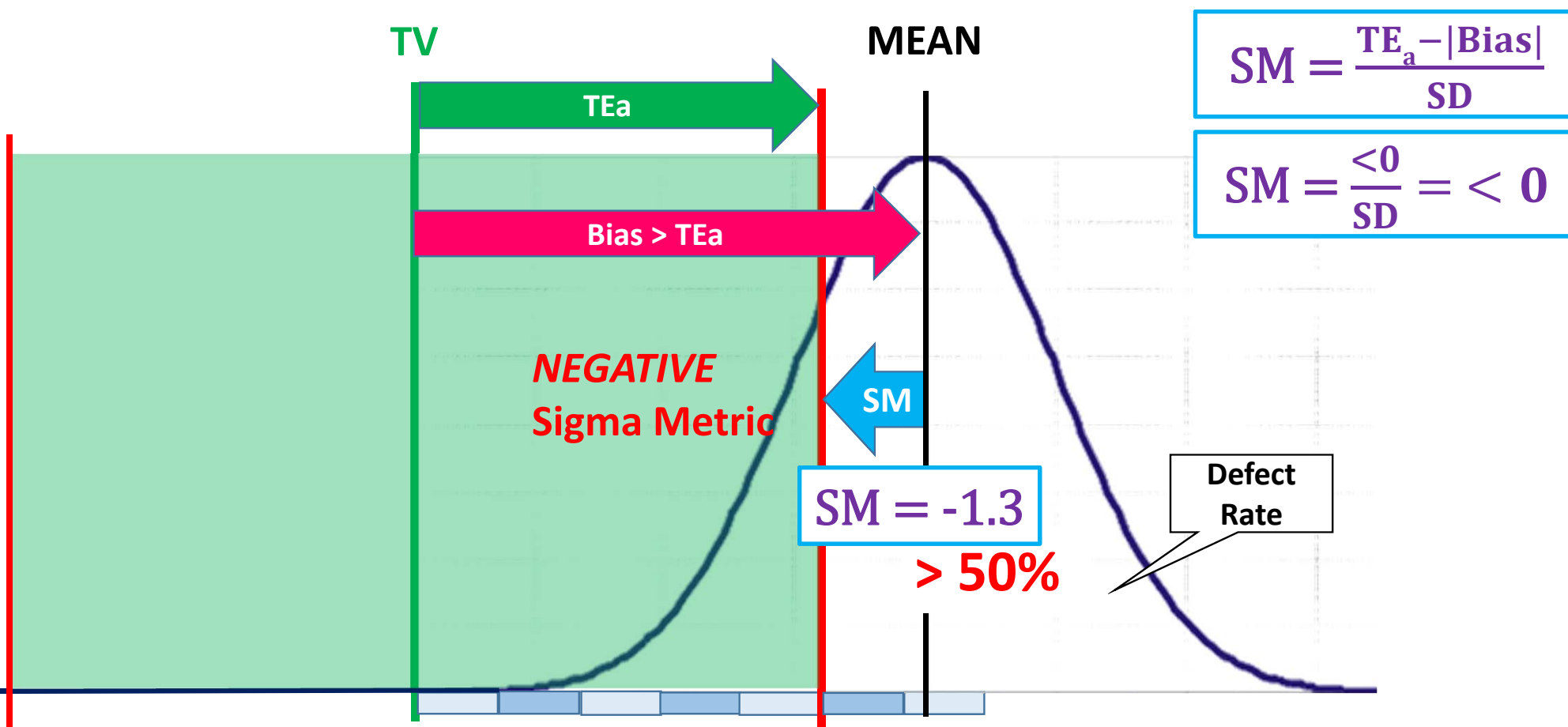
(3) سیگمای صفر

وقتی سیگمای صفر است، نرخ خطا تقریباً 50% است، و بازده تقریباً 50% است (یعنی تقریباً 50% محصول سالم داریم)



(4) سیگمای منفی

بازده منفی معنی ندارد، اما سیگمای منفی معنی دارد!
سیگمای منفی یعنی نرخ خطا بیش از 50% است و بازده کمتر از 50%



(5) کدام فرمول: $(TEa - B)/SD$ یا $(TEa\% - B\%)/CV$

Example 1:

- TV=100 mg/dL
- TEa = 8 mg/dL
- Mean = 100 mg/dL
- Bias = 0 mg/dL
- SD = 2 mg/dL

$$TEa\% = (TEa/TV) \times 100$$

$$B\% = (B/TV) \times 100$$

$$CV = (SD/Mean) \times 100$$

$$SM = (TEa - B)/SD$$

$$SM = (8 - 0)/2 = 4$$

$$SM = (TEa\% - B\%)/CV$$

$$SM = (8\% - 0)/2\% = 4$$

(5) کدام فرمول: $(TEa - B)/SD$ یا $(TEa\% - B\%)/CV$

Example 2:

- $TV=100$
- $TEa = 8$
- $Mean = 103$
- **Bias = 3**
- $SD = 2$

$$TEa\% = (TE/TV) \times 100$$

$$B\% = (B/TV) \times 100$$

$$CV = (SD/Mean) \times 100$$

$$SM = (TEa - B)/SD$$

$$SM = (8 - 3)/2 = 2.50$$

$$SM = (TEa\% - B\%)/CV$$

$$SM = (8\% - 3\%)/1.96 = 2.58$$

(5) کدام فرمول: $(TEa - B)/SD$ یا $(TEa\% - B\%)/CV$

Example 3:

- $TV=100$
- $TEa = 8$
- $Mean = 97$
- **$Bias = -3$**
- $SD = 2$

$$SM = (TEa - B)/SD$$

$$SM = (8 - 3)/2 = \mathbf{2.50}$$

$$SM = (TEa\% - B\%)/CV$$

$$SM = (8\% - 3\%)/2.06 = \mathbf{2.43}$$

$$TEa\% = (TE/TV) \times 100$$

$$B\% = (B/TV) \times 100$$

$$CV = (SD/Mean) \times 100$$

(5) کدام فرمول: $(TEa - B)/SD$ یا $(TEa\% - B\%)/CV$

اگر عدم صحت داشته باشیم، نتایج این دو فرمول کمی متفاوت است؛ در حضور **عدم صحت**، سیگمای حاصل از فرمول **SD** درست است

TV	TEa	\bar{X}	Bias	SD	CV	$SM = (TEa - B)/SD$	$SM = (TEa\% - B\%)/CV$
100	8	100	0	2	2	4	4
100	8	103	+3	2	1.94	2.50	2.58
100	8	97	-3	2	2.06	2.50	2.43

$$\frac{A-B}{C} = \frac{\frac{A}{D} - \frac{B}{D}}{\frac{C}{D}}$$

$$TEa\% = TEa \times 100/TV$$

$$Bias\% = Bias \times 100/TV$$

$$CV = SD \times 100/\bar{X}$$

$$\frac{TEa - B}{SD} \neq \frac{\frac{TEa \times 100}{TV} - \frac{B \times 100}{TV}}{\frac{SD \times 100}{\bar{X}}}$$

$$\frac{TEa - B}{SD} \neq \frac{TEa\% - B\%}{CV}$$

(6) کوتاه مدت در مقابل بلند مدت

Example

- TEa = 6
- Bias = 2
- SD = 1
- SM = 4
- $P(Z > 4) = 32 \text{ DPM}$

$$P(Z > 2.5) = 6210$$

Short Term Sigma Level	Defects Per Million
6	3
5.9	5
5.8	9
5.7	13
5.6	21
5.5	32
5.4	48
5.3	72
5.2	108
5.1	159
5	233
4.9	337
4.8	483
4.7	688
4.6	933
4.5	1,319
4.4	1,808
4.3	2,554
4.2	3,467
4.1	4,661
4	6,210
3.9	8,198
3.8	10,724
3.7	13,903
3.6	17,864
3.5	22,750



>>>32

(6) کوتاه مدت در مقابل بلند مدت

پاسخ

➤ سیگمای محاسبه شده گزارشی از گذشته است!

➤ ما نیاز داریم که آینده را پیش‌بینی/تضمین کنیم

نظر به این که:

- عیار سیگما در ارزیابی کوتاه مدت تعیین می‌شود
 - عوامل مختلف در کوتاه مدت کاملاً بررسی نخواهد شد
 - برنامه‌های پایش کیفیت نمی‌توانند تغییرات جزئی را شناسایی کنند
- ❖ برای بلند مدت، نرخ خطای بالاتری در نظر گرفته می‌شود

6) کوتاه مدت در مقابل بلند مدت

در روش شش سیگما برای پیش‌بینی نرخ خطا در بلند مدت، پس از محاسبه z از داده‌های کوتاه مدت، **1.5 واحد از آن کم می‌شود** و سپس میزان خطا محاسبه می‌شود

➤ مفروضات روش شش سیگما:

- در بلند مدت، کم و بیش جابجایی کالیبراسیون در هر دو جهت اتفاق می‌افتد
 - این جابجایی‌ها کوچکتر از حساسیت پایش کیفیت هستند و شناسایی نمی‌شود
 - حتی در صورت شناسایی، اصلاح آن‌ها عملاً ممکن نیست
 - این جابجایی‌ها خودبخود اصلاح می‌شود
 - حداکثر جابجایی، یعنی **بدترین وضعیت، برابر 1.5 SD** در نظر گرفته می‌شود
- ❖ بر اساس قرارداد بنا شده در موتورولا، برای محاسبه نرخ خطای آینده (بلند مدت)، **1.5 SD از SM محاسبه شده از داده‌های کوتاه مدت کم می‌شود**

عیار سیگمای محاسبه شده با دو نرخ خطا مربوط است:

- کوتاه مدت: چه عملکردی دیده شد؟
- بلند مدت: چه عملکردی مورد انتظار است؟

نکته:

نرخ خطای بلند مدت در آزمایشگاه، بستگی دارد به **توانایی**
برنامه پایش کیفیت (بحث کوتاه مدت/بلند مدت به
آزمایشگاه مربوط نیست!)

عیار سیگما و پایش کیفیت

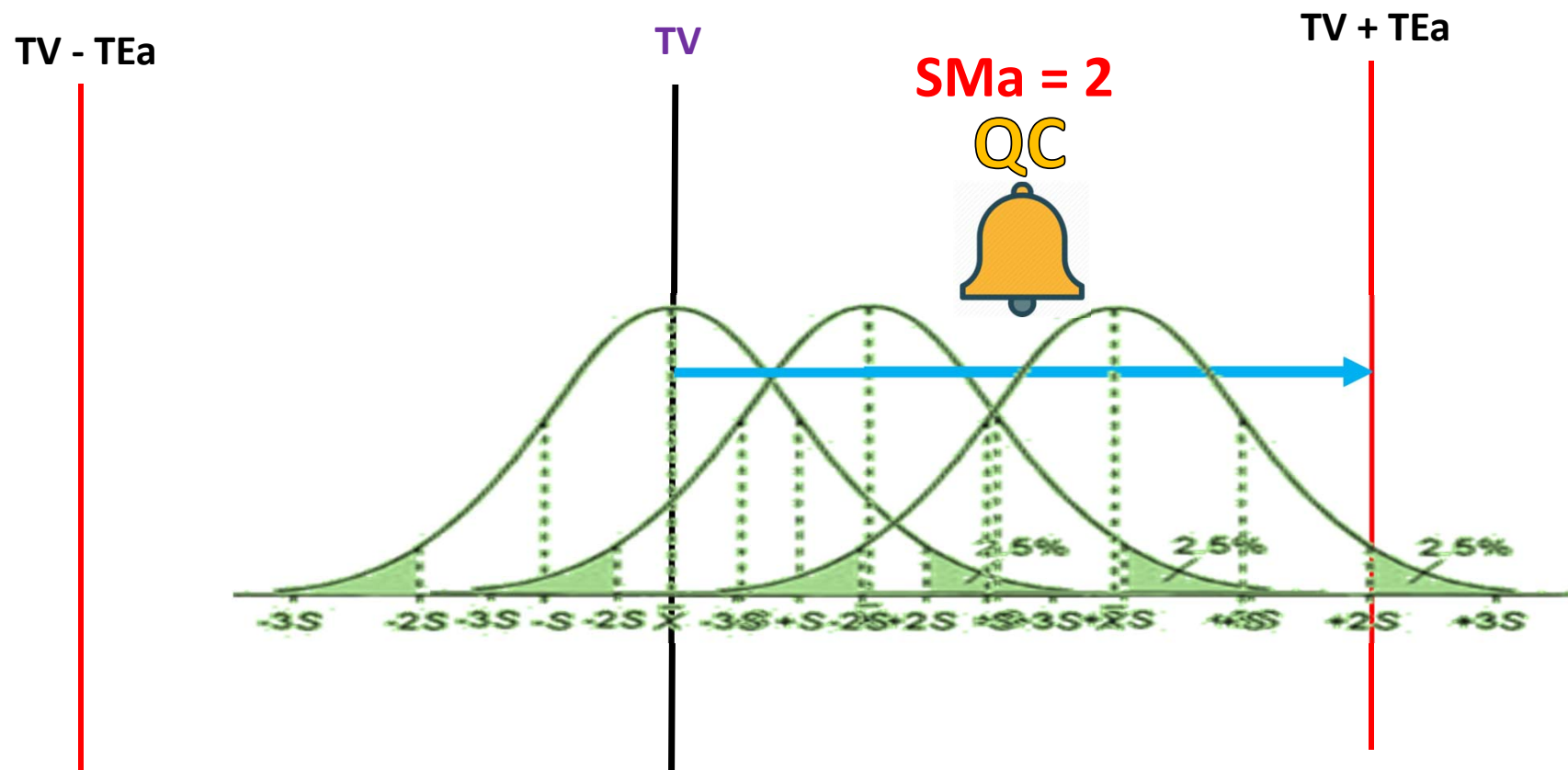
وظیفه پایش کیفیت:

رد کردن عملکرد وقتی که نرخ خطا بیش از نرخ مجاز می‌شود؛ یعنی عیار سیگمای عملکرد کمتر از سیگمای مجاز می‌شود

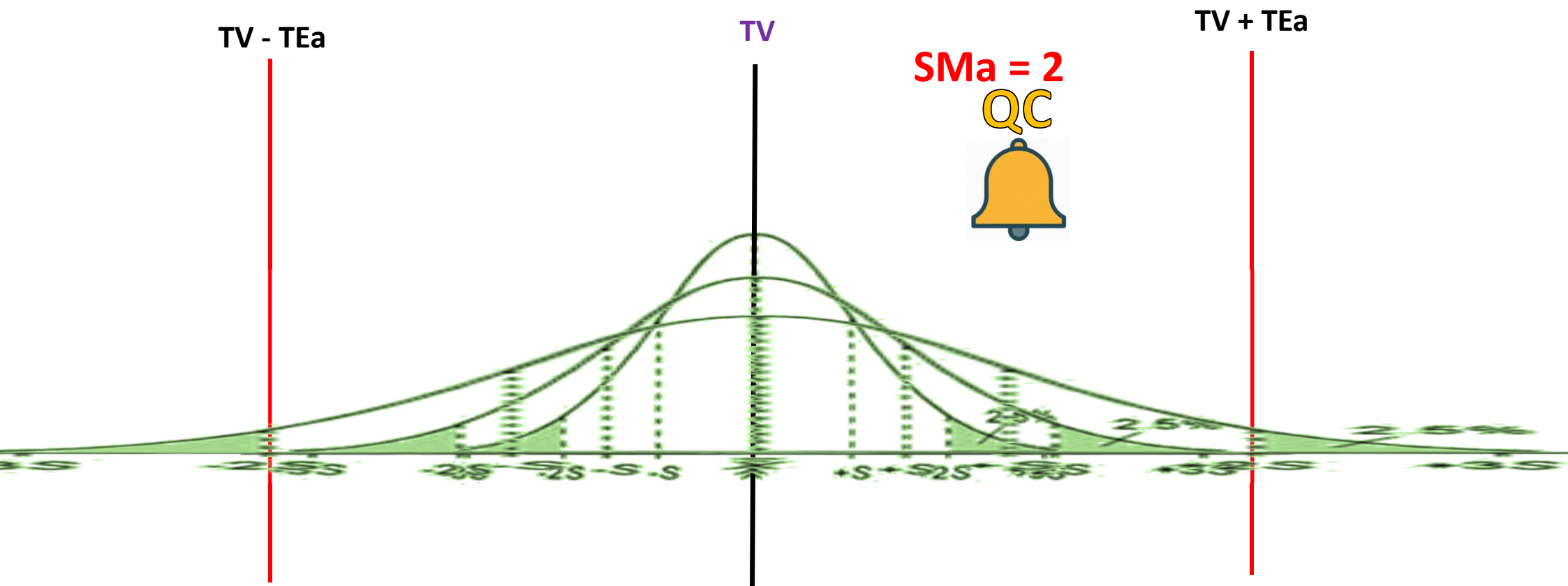
علت افزایش نرخ خطا (کاهش سیگمای عملکرد):

- افزایش عدم صحت

- افزایش عدم دقت



1 - خطای سامانمند (SE): جابجایی کالیبراسیون



2 - خطای اتفاقی (RE): چند برابر شدن عدم دقت

مثال

➤ هرچه فاصله از کناره بیشتر است، حاشیه امنیت بیشتر است (ایمن تر)

➤ هرچه حاشیه امنیت بیشتر است، مراقبت کمتری لازم است



1. SE

Example

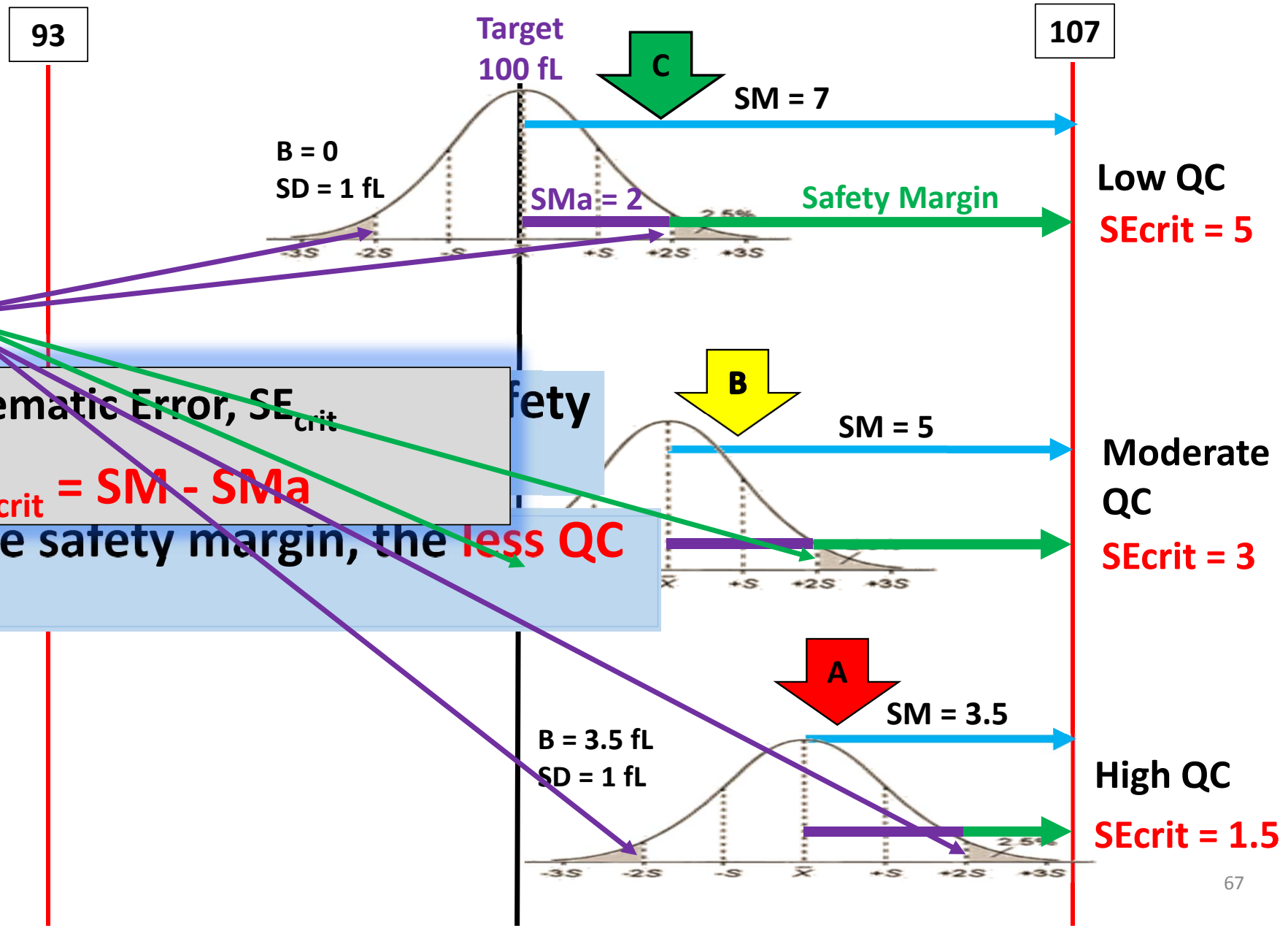
MCV assay

- TEa = 7%
- SMa = 2

Critical Systematic Error, SE_{crit}

$SE_{crit} = SM - SMa$

✓ The more safety margin, the less QC



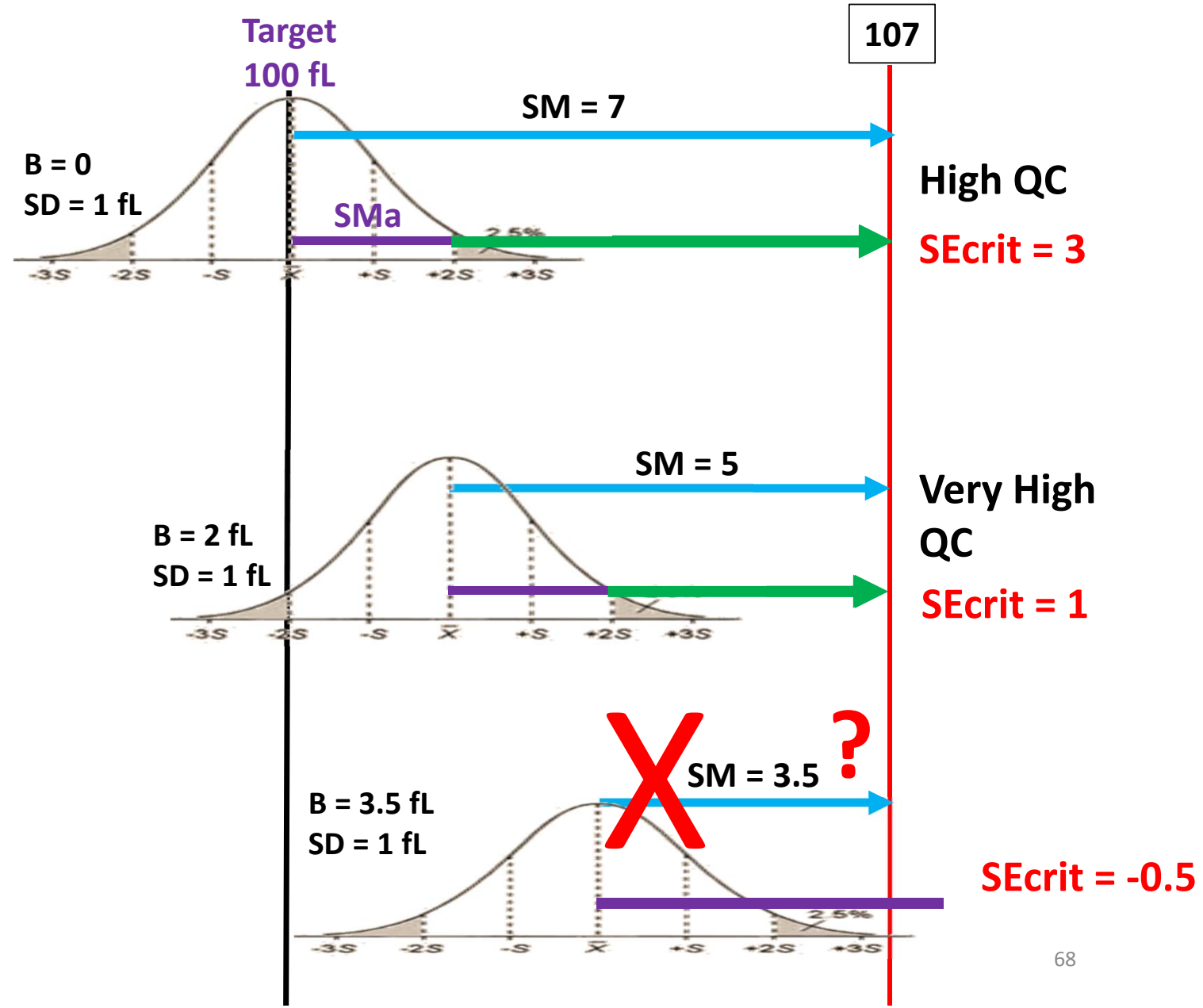
1. SE

93

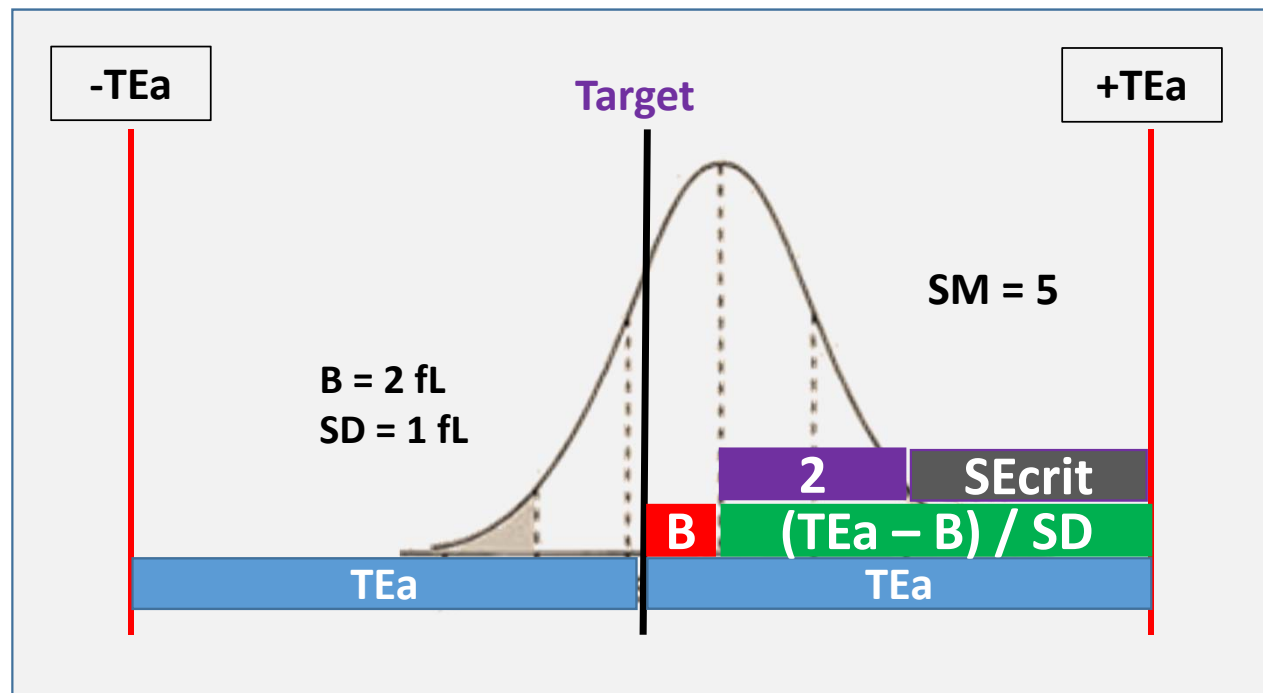
Example

MCV assay

- TEa = 7%
- SMa = 4



فرمول SEcrit از دوران سیگما

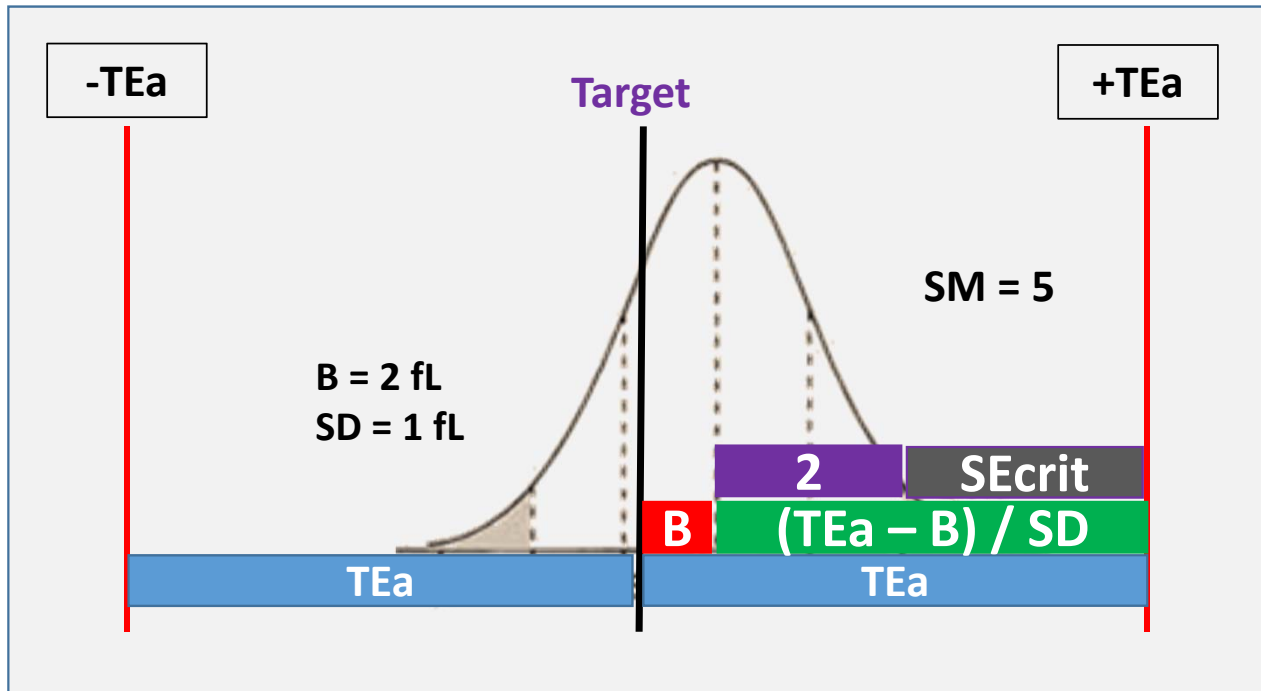


فرمول SEcrit پیش از دوران سیگما

$$SE_{crit} = \left| \frac{TEa - |Bias|}{SD} \right| - 2$$

$$SE_{crit} = SM - SM_a$$

SMa



2. RE

93

Example

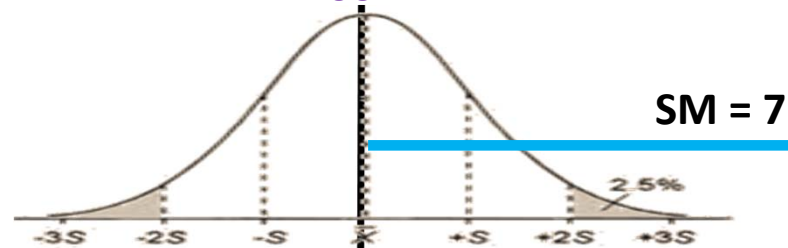
MCV assay

- TEa = 7%
- SMa = 2

Critical Random Error, RE_{crit}

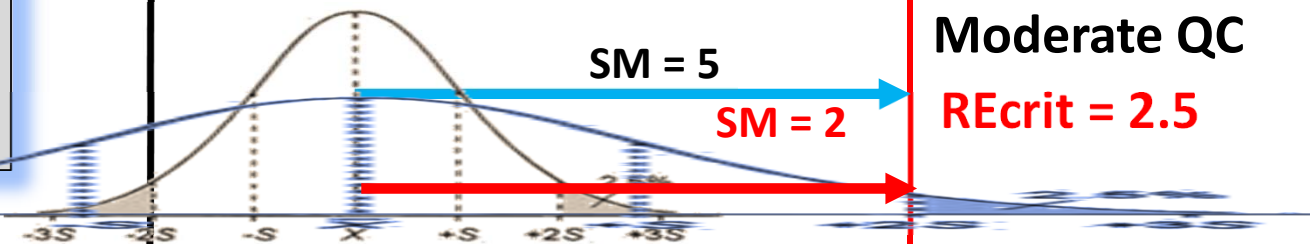
$$RE_{crit} = SM \div SMa$$

Target
100 fL

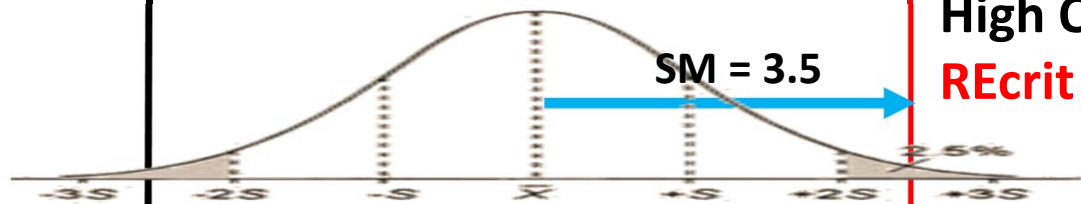


107

Low QC
 $RE_{crit} = 3.5$



Moderate QC
 $RE_{crit} = 2.5$



High QC
 $RE_{crit} = 1.75$

2. RE

93

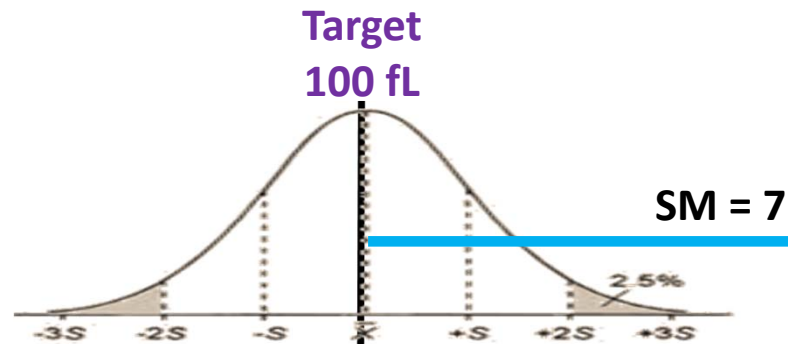
Example

MCV assay

- TEa = 7%
- SMa = 4

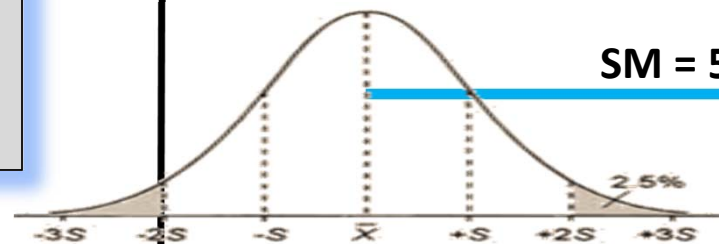
Critical Random Error, RE_{crit}

$$RE_{crit} = SM \div SMa$$

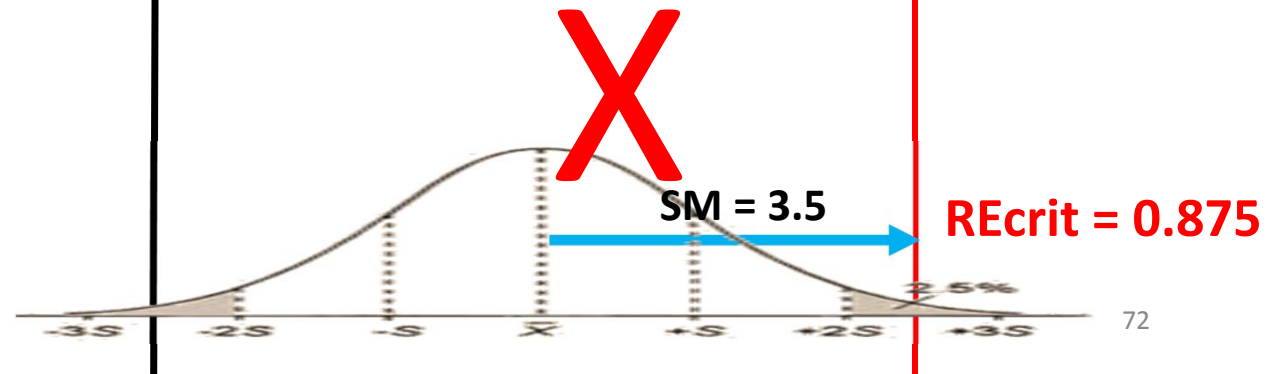


107

High QC
 $RE_{crit} = 1.875$

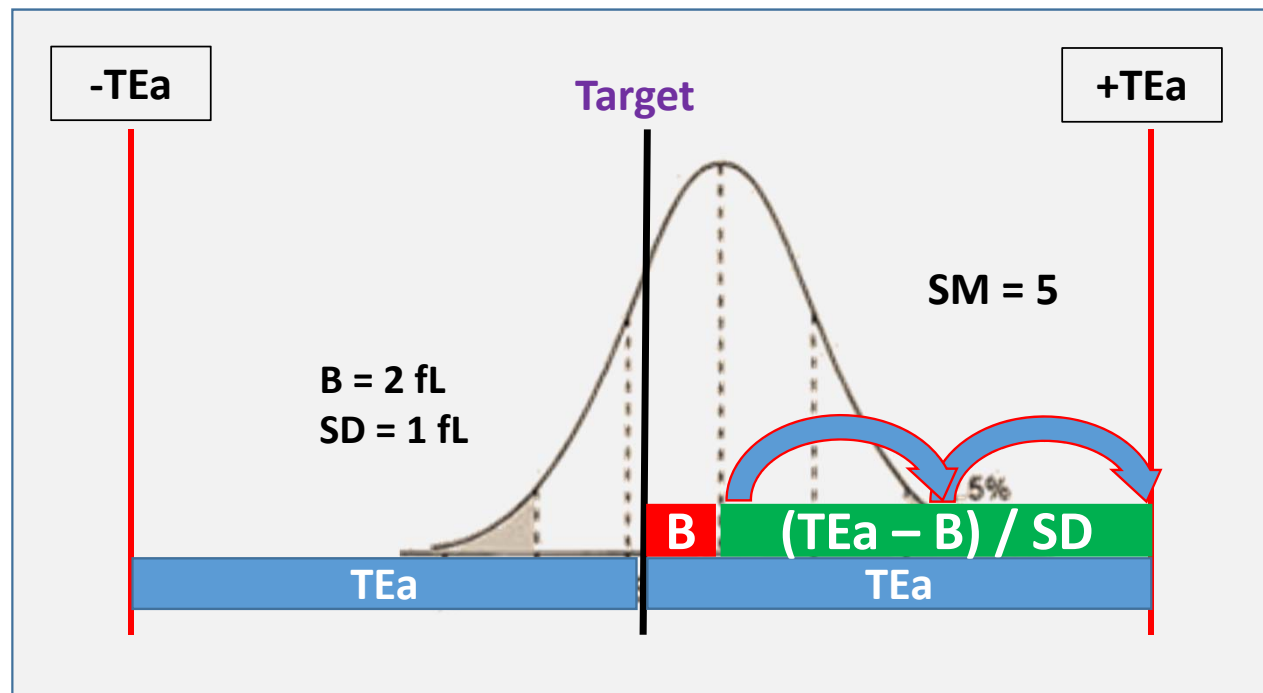


Very High QC
 $RE_{crit} = 1.25$



$RE_{crit} = 0.875$

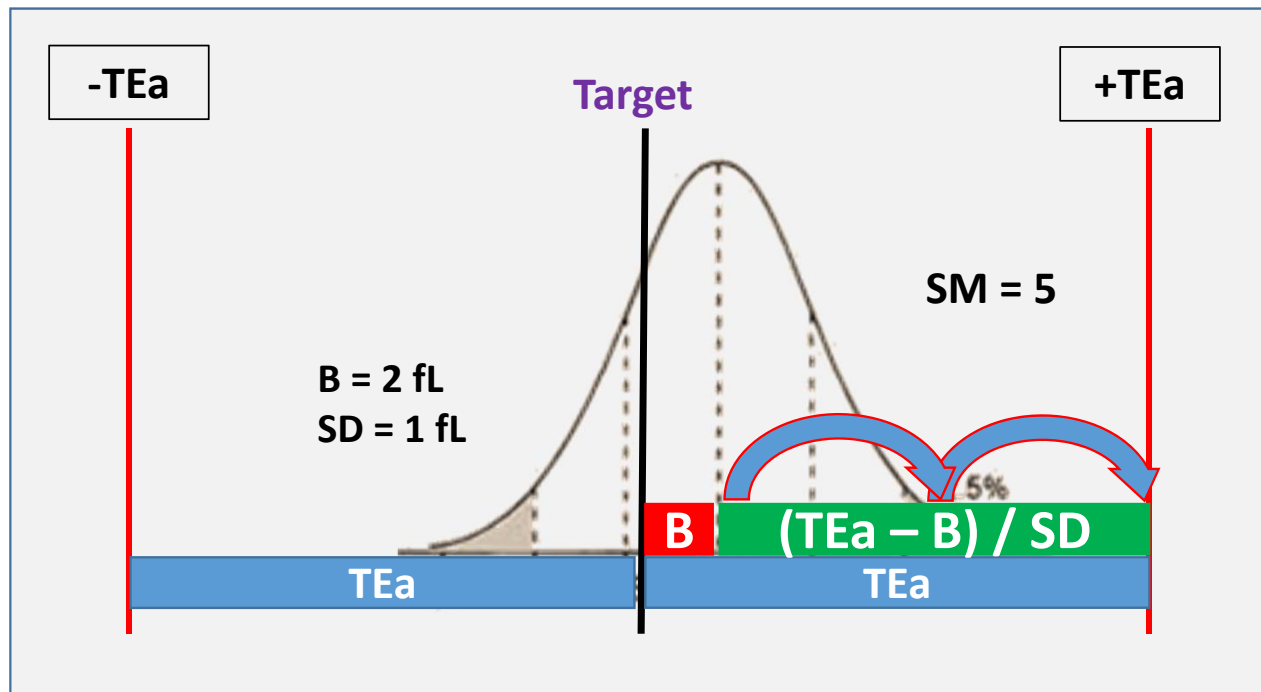
فرمول REcrit پیش از دوران سیگما



فرمول REcrit پیش
از دوران سیگما

$$REcrit = \frac{TEa - |Bias|}{SD} \div 2$$

$$REcrit = SM \div SMa$$



Power Graphs: Tool for choosing appropriate QC

Example

SMa = 2

A. SM=7, SEcrit=5

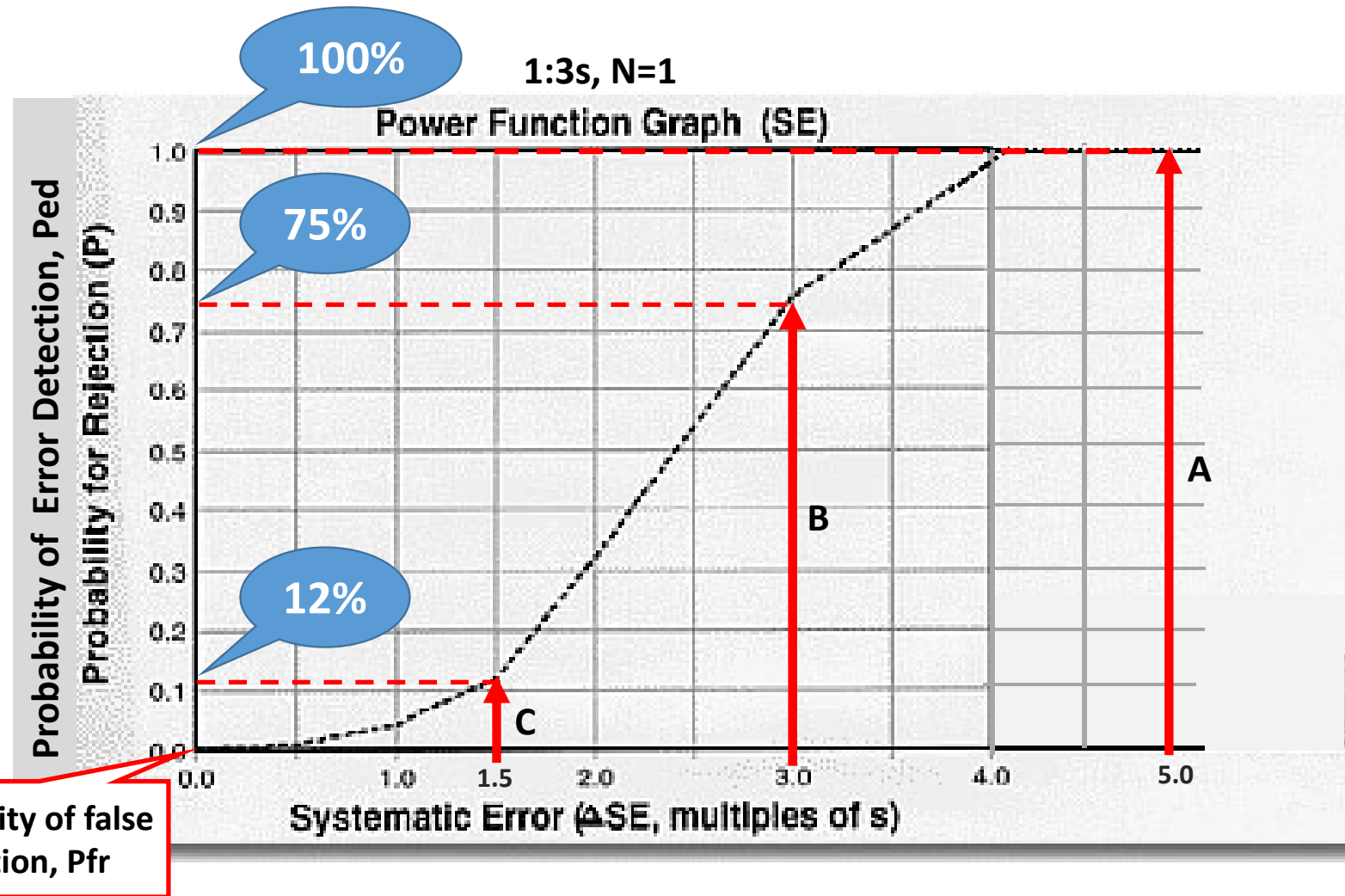
B. SM=5, SEcrit=3

C. SM=3.5, SEcrit=1.5

Q: **Appropriate Ped?**

A: $Ped \geq 90\%$ & $Pfr \leq 5$

Q: For which performance is this QC appropriate?



Power Graphs

Example

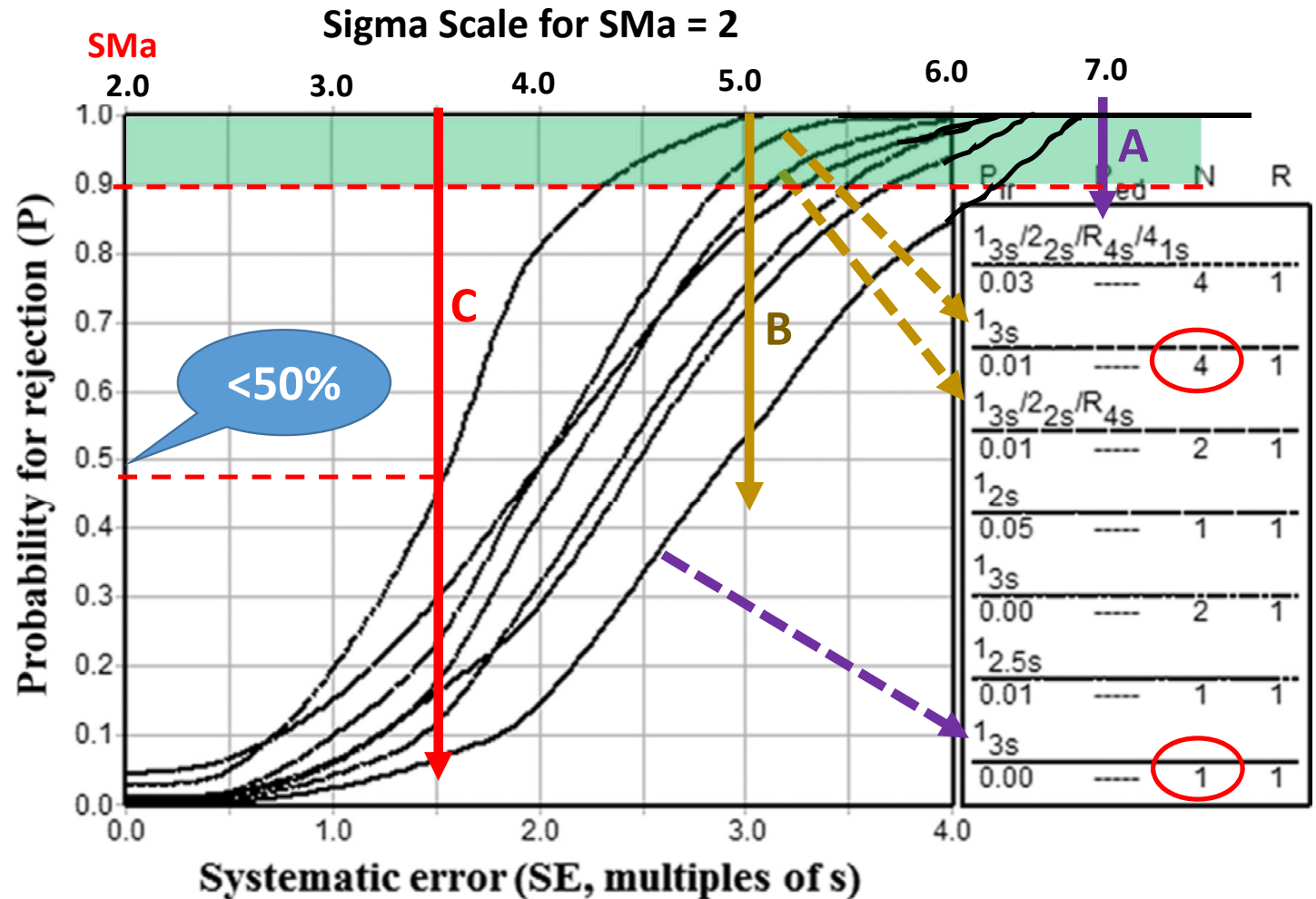
A1C in **routine** testing

SMa = 2

A. SM=7

B. SM=5

C. SM=3.5



Power Graphs

Example

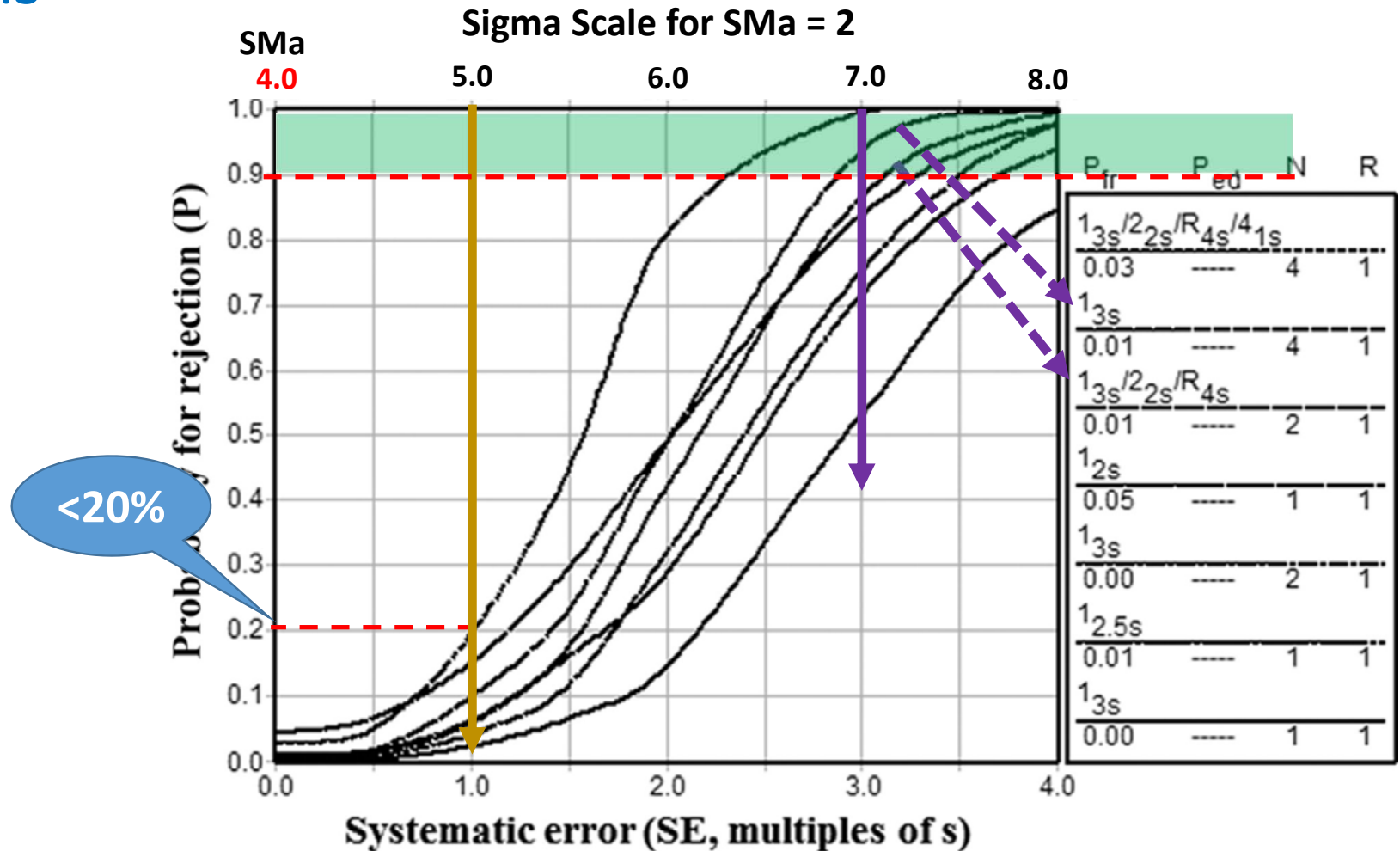
A1C in **Clinical Trials**

SMa = 4

A. SM=7

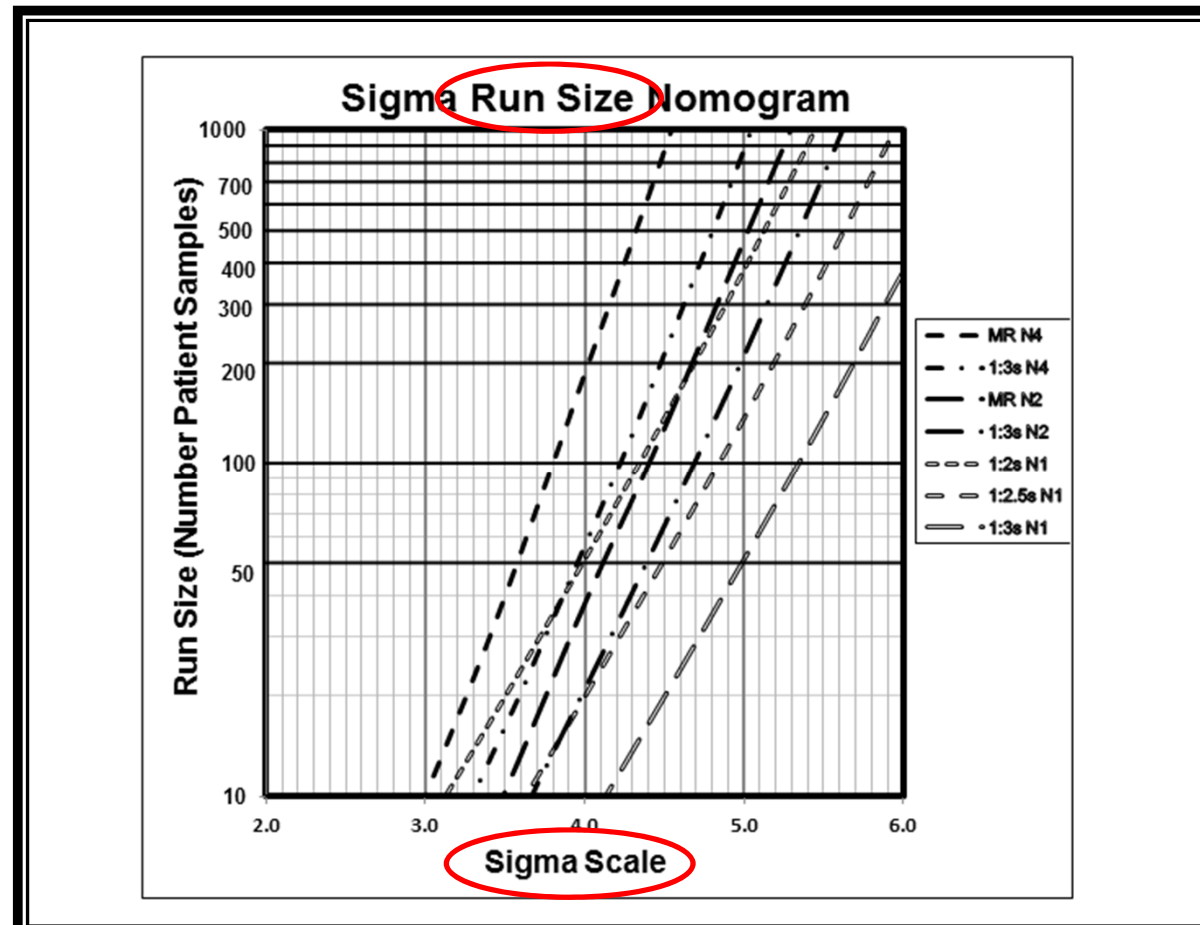
B. SM=5

C. SM=3.5 **✗**



Sigma Metric & Max E(Nuf) QC model

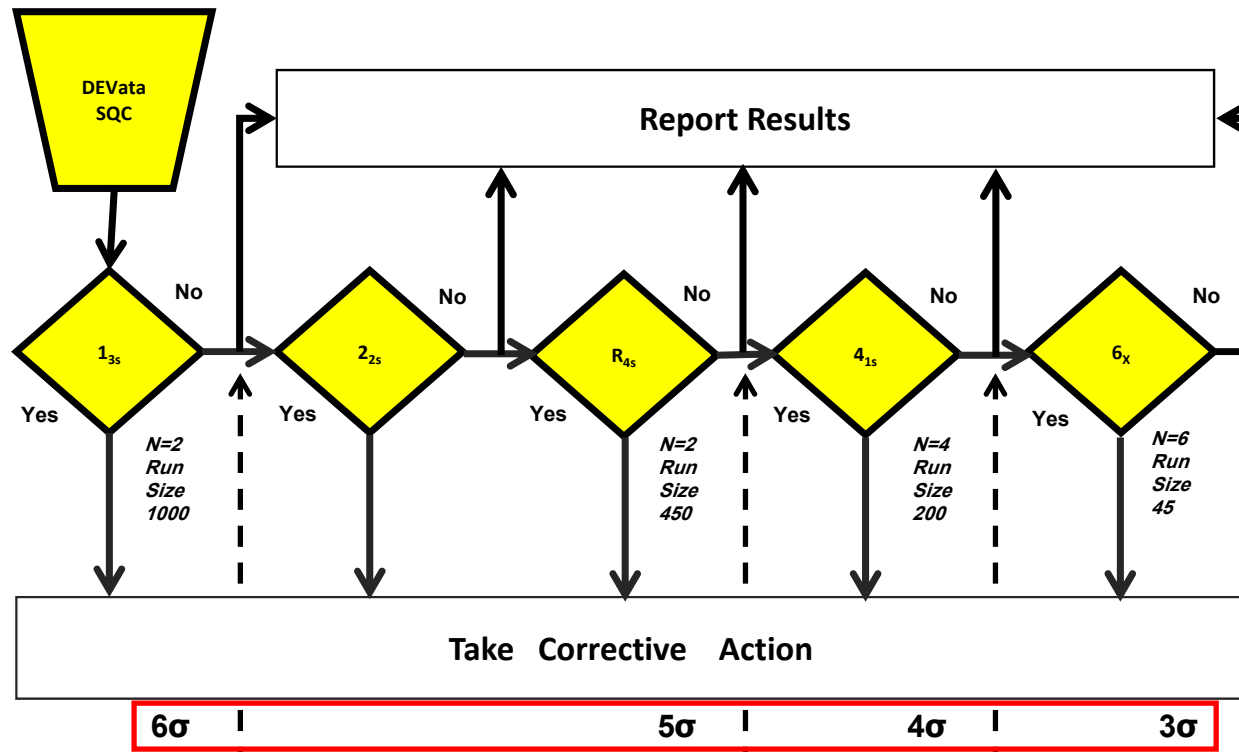
➤ Optimizing Run Size based on Sigma



Planning Risk-based SQC Schedules for Bracketed Operation of Continuous Production Analyzers. Westgard JO, Bayat H, Westgard SA

Clinical Chemistry Feb 2018, 64 (2) 289-296

Westgard Sigma Rules® with Run Sizes



➤ SM-individualized QC:


Using SM for planning individualized QC Strategies *N, R, Rules, Number of Rules, Run size*

Establishing Evidence-Based Statistical Quality Control Practice. Westgard JO, Westgard SA.

Am J Clin Pathol 2018

<http://www.biochemia-medica.com/node/947>


Editorial

Sten Westgard, Hassan Bayat, James O Westgard. Special issue on Six Sigma metrics - experiences and recommendations. *Biochemia Medica* 2018;28(2):020301. <https://doi.org/10.11613/BM.2018.020301> 

[Full text English \(HTML\)](#) [PDF](#) Online publication date: June 15th, 2018

(3 pages)


Lessons in biostatistics

Hassan Bayat. Expected long-term defect rate of analytical performance in the medical laboratory: Assured Sigma versus observed Sigma. *Biochemia Medica*.2018;28(2):020101. <https://doi.org/10.11613/BM.2018.020101> 

[Full text English \(HTML\)](#) [PDF](#) Online publication date: June 15th, 2018

Hassan Bayat provides the most technical paper in this issue, delving into the details of the analytical Sigma metric to reveal what we can calculate and what we may actually observe (10).

Review

Sten Westgard, Hassan Bayat, James O Westgard. Analytical Sigma metrics: A review of Six Sigma implementation tools for medical laboratories. *Biochemia Medica* 2018;28(2):020502. <https://doi.org/10.11613/BM.2018.020502> 



شاد با شید