کاربرد عدم قطعیت در اندازه گیری
(تضمین کیفیت نتایج)

uncertainty application
In measurement
(Quality assurance of test result)

فهرست مطالب

- نگاهی کوتاه به عناصر استاندارد ۱۷۰۲۵
- بررسی فرایند اندازه گیری
- بررسی جدول خطاها
- بررسی برخی از واژه ها و اصطلاحات اندازه گیری
- بررسی منحنی نرمال ، سطوح اطمینان و ضرایب همپوشانی
- محاسبه عدم قطعیت نوع A و نوع B
- بررسی ارتباط عدم قطعیت با تلرانس
- بهترین توان اندازه گیری
- صحه گذاری روش ها
- تضمین کیفیت نتایج

بقیه فهرست مطالب

- حذف نتایج مشکوک (Q test)
- بررسی ویژگی فرایند اندازه گیری به روش MSA
- ارزیابی دقت توسط واریانس ها (F test)
- مقایسه درستی دو گروه آزمایش (T test)
- مقدار حقیقی μ
- آزمایش T در نتایج آزمایشات دو تایی
- z-score (Z)
- مقایسات بین آزمایشگاهی
- آنالیز واریانس E_n
- محاسبه h و k درمقایسات بین ازمایشگاهی

ISO/ IEC 17025

General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories

الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون

ISO/ IEC 17025

بخش ۱ – هدف ودامنه کاربرد

بخش ۲ – مراجع الزامی

بخش ۳– اصطلاحات وتعاریف

بخش ٤ – الزامات مدیریتی

- ٤-۱– سازماندهی
- ٤-۲– سیستم کیفیت
- ٤-۳– کنترل مدارک
- ٤-٤– بازنگری درخواست‌ها، پیشنهادها و قراردادها
- ٤-٥– واگذاری آزمون و یاکالیبراسیون به پیمانکار فرعی
- ٤-٦– خرید خدمات و ملزومات
- ٤-۷– ارائه خدمات به مشتری
- ٤-۸– شکایات
- ٤-۹– کنترل کار نامنطبق آزمون و یا کالیبراسیون
- ٤-۱۰ –بهبود
- ٤-۱۱– اقدام اصلاحی
- ٤-۱۲– اقدام پیشگیرانه
- ٤-۱۳– کنترل سوابق
- ٤-۱٤– ممیزی های داخلی
- ٤-۱٥– بازنگری مدیریت

بخش ٥– الزامات فنی

- ٥-۱– کلیات
- ٥-۲– کارکنان
- ٥-۳– جایگاه و شرایط محیطی
- ٥-٤– روش‌های آزمون و کالیبراسیون و صحه‌گذاری روش‌ها
- ٥-٥– تجهیزات
- ٥-٦– قابلیت ردیابی اندازه‌گیری
- ٥-۷– نمونه برداری
- ٥-۸– جابجایی اقلام مورد آزمون کالیبراسیون
- ٥-۹– تضمین کیفیت نتایج آزمون و کالیبراسیون
- ٥-۱۰– گزارش دهی نتایج

International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology

by: BIPM,IEC-IFCC- ISO - IUPAC - IUPAP-OIML

(V.I.M)

واژه ها و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه شناسی

استاندارد ملی شماره ۴۷۲۳

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Guide to the Expression of uncertainty in measurement

By: BIPM, IEC, IFCC, ISO, IOPAC, OMML

راهنما برای بیان عدم قطعیت در اندازه‌گیری

(G.U.M)

ISO 5725

Accuracy (Trueness and Precision)

Of

Measurement Methods and Results

Part 1 to Part 6

ISO 3534-1

Statistic – Vocabulary and Symbols

Part 1: Probability and General Statistical Term

ISO 10012-2003

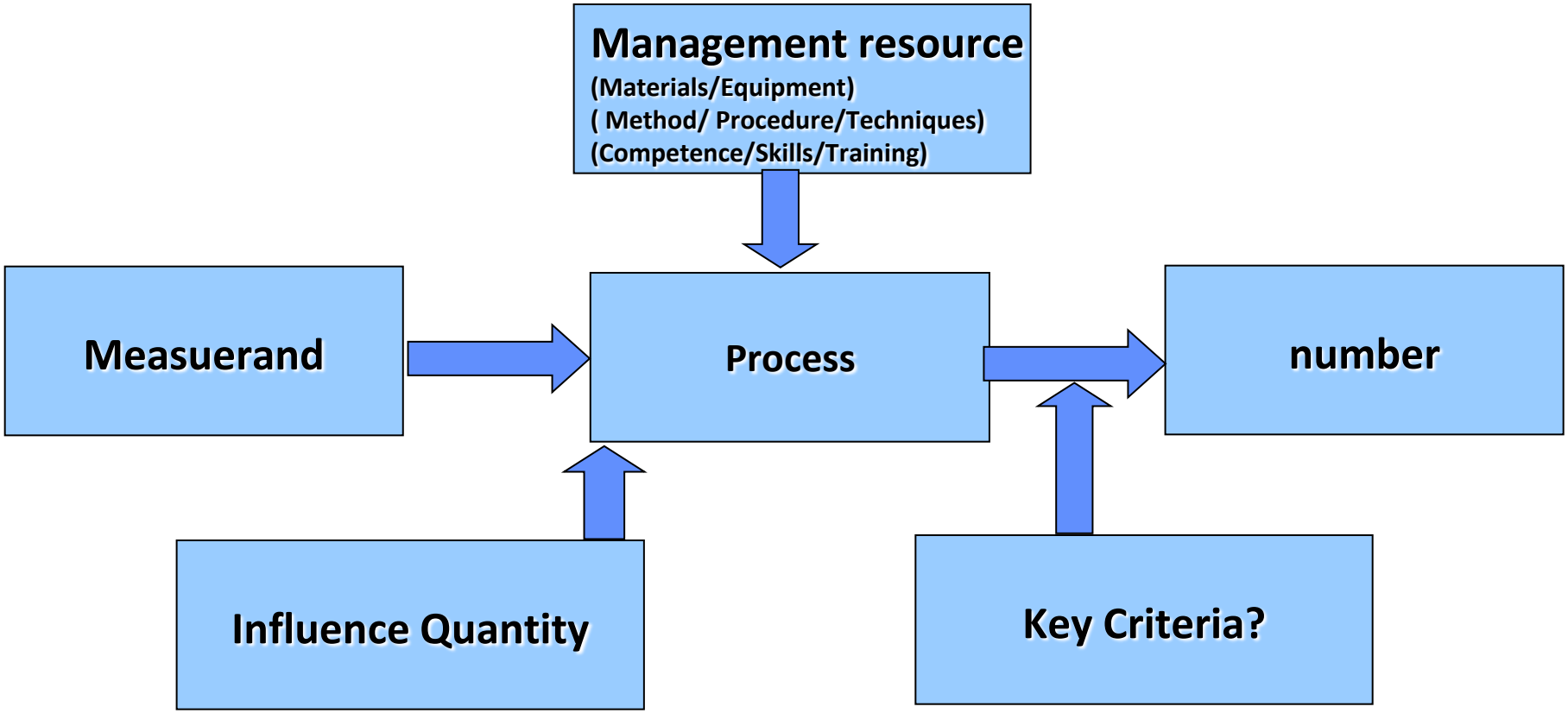
Measurement Management Systems

Requirements for Measurement Processes and Measuring Equipment

سیستم مدیریت اندازه‌گیری

الزامات فرایندهای اندازه‌گیری و وسایل اندازه‌گیری

فرایند اندازه گیری



ISO/TS 16949:2002

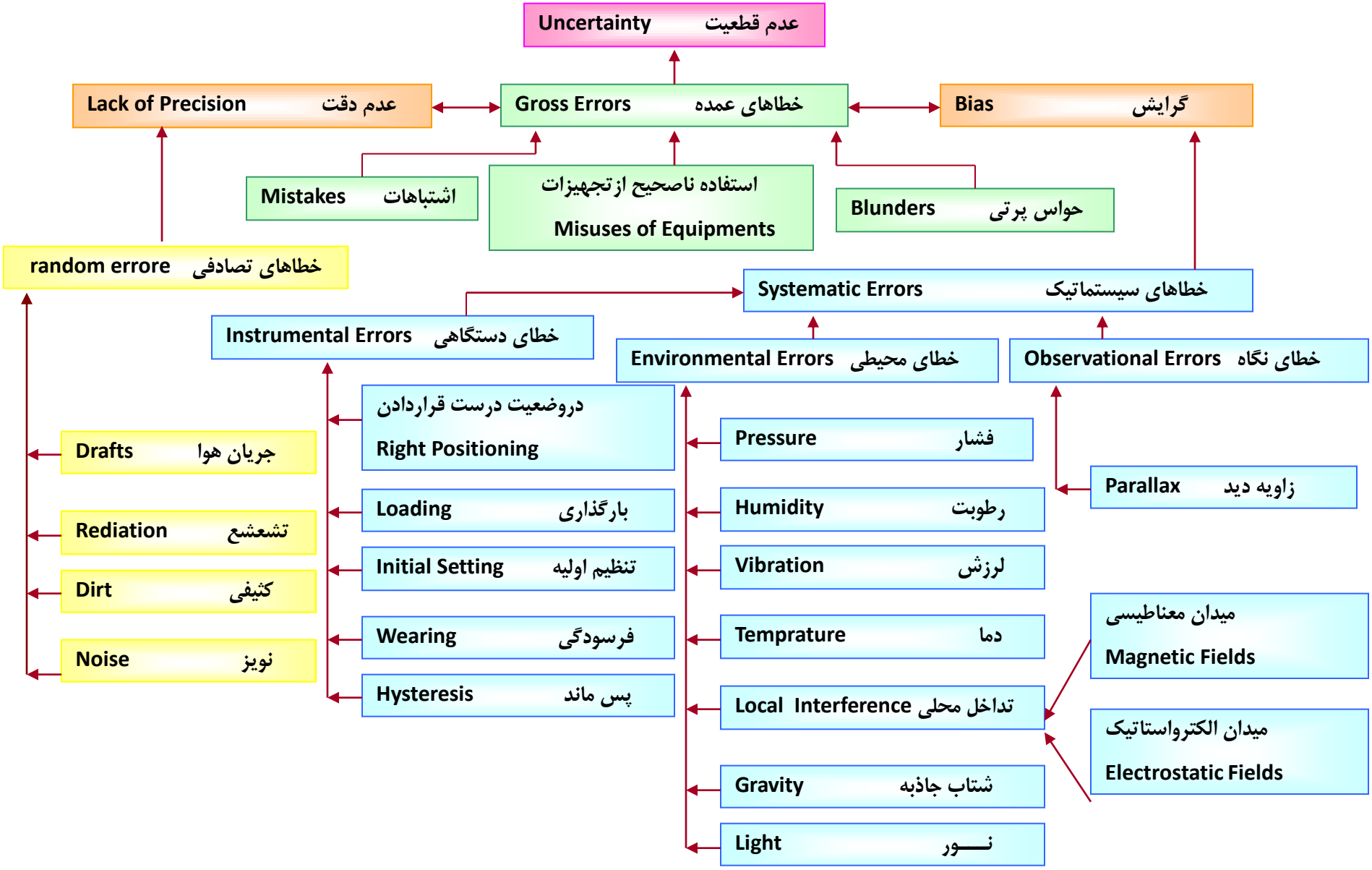
Measurement System Analysis

M.S.A

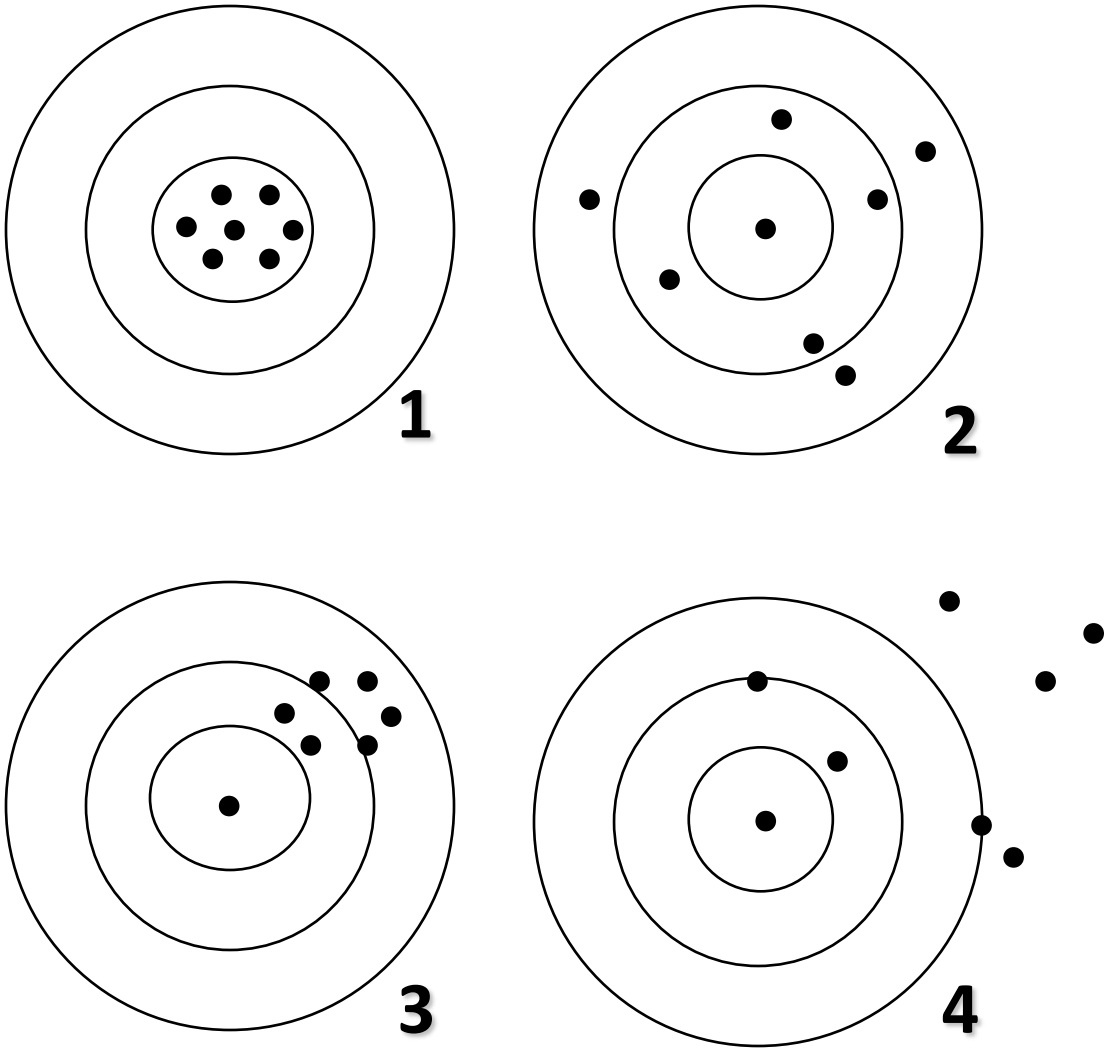
تجزيه و تحليل سيستم‌هاي اندازه‌گيري

1.	**Repeatability**	تکرارپذیری	.1
2.	**Reproducibility**	تجدید پذیری	.2
3.	**Gage R&R**	سنجش تکرارو تجدید پذیری	.3
4.	**Linearity**	خطی بودن	.4
5.	**Stability**	پایداری	.5

تقسیم‌بندی خطاهای اندازه‌گیری



نمایش گرافیکی دقت، درستی و گرایش

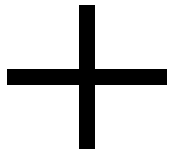


دقت: Precision

درستی: Accuracy

گرایش: Bias

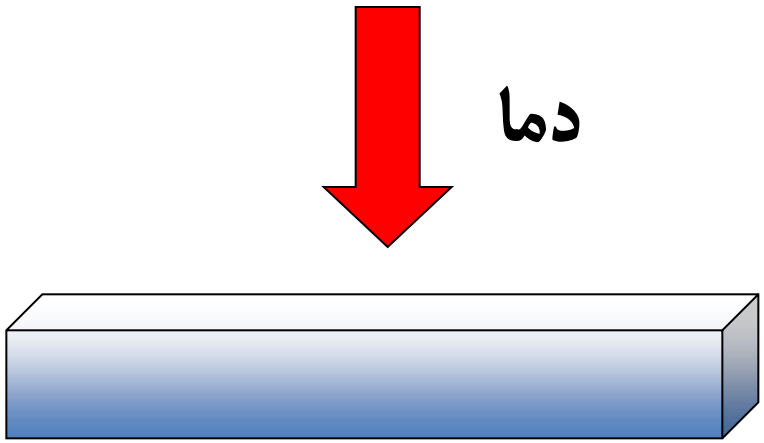
TOLERANCE روا داری



True Value

کمیت‌های تأثیرگذار Influence Quantity

کمیتی غیر از کمیت اندازه که در نتیجه‌ی اندازه‌گیری اثر دارد



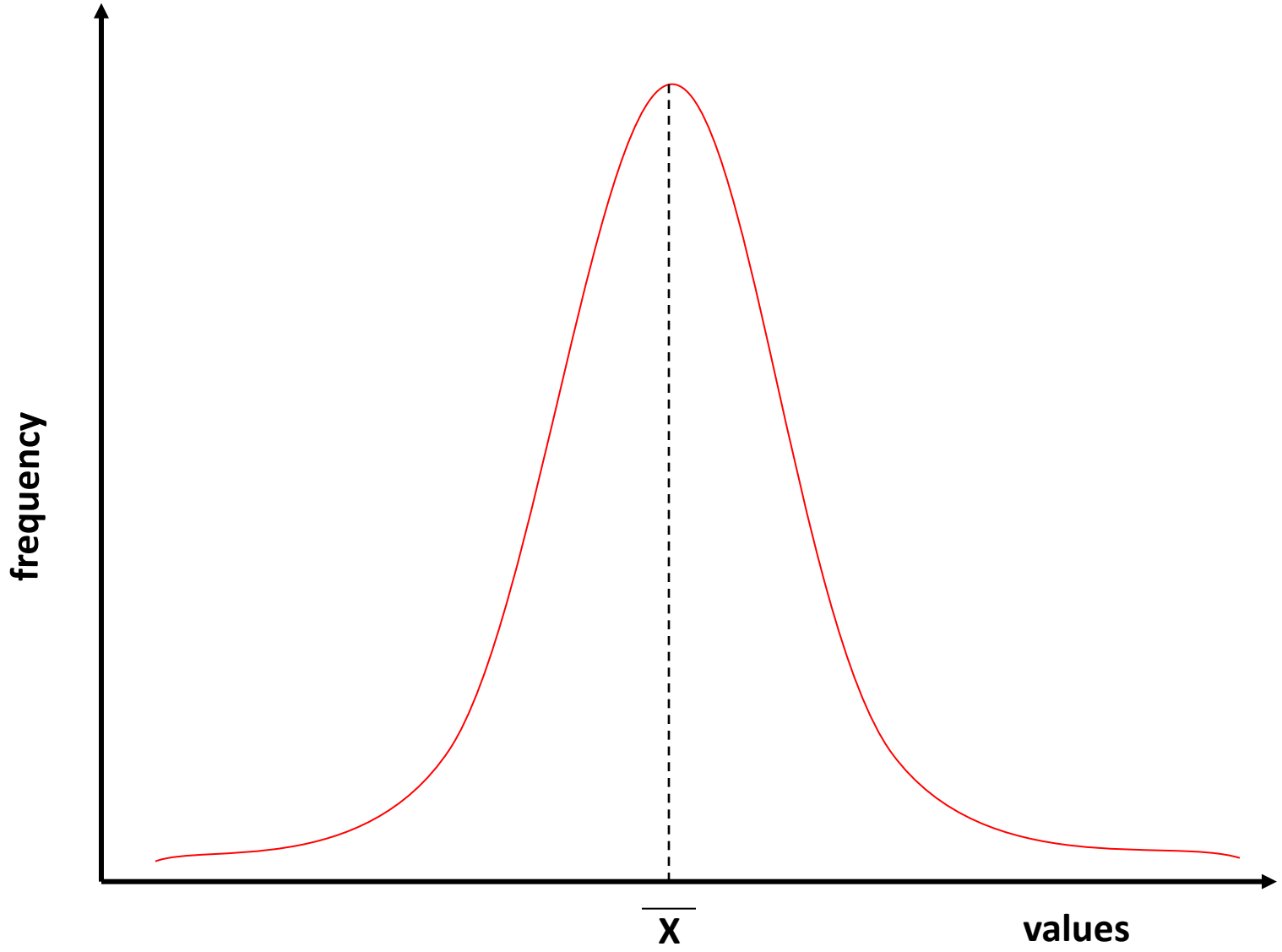
عدم قطعیت اندازه گیری

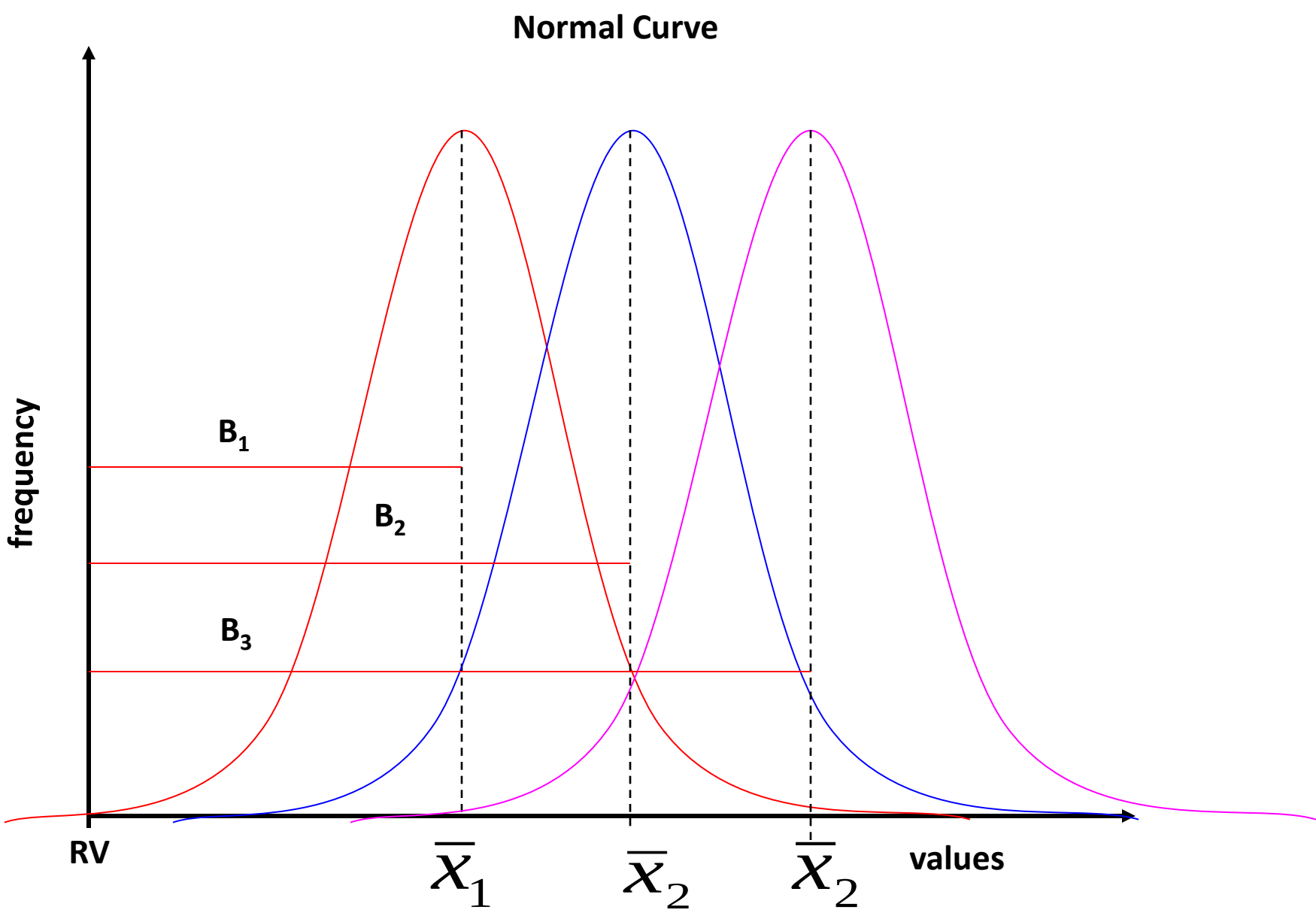
Uncertainty of Measurement

پارامتری مربوط به نتیجه اندازه‌گیری که پراکندگی مقادیری را مشخص می‌کند که می‌توان بطور منطقی به اندازه ده نسبت داد.

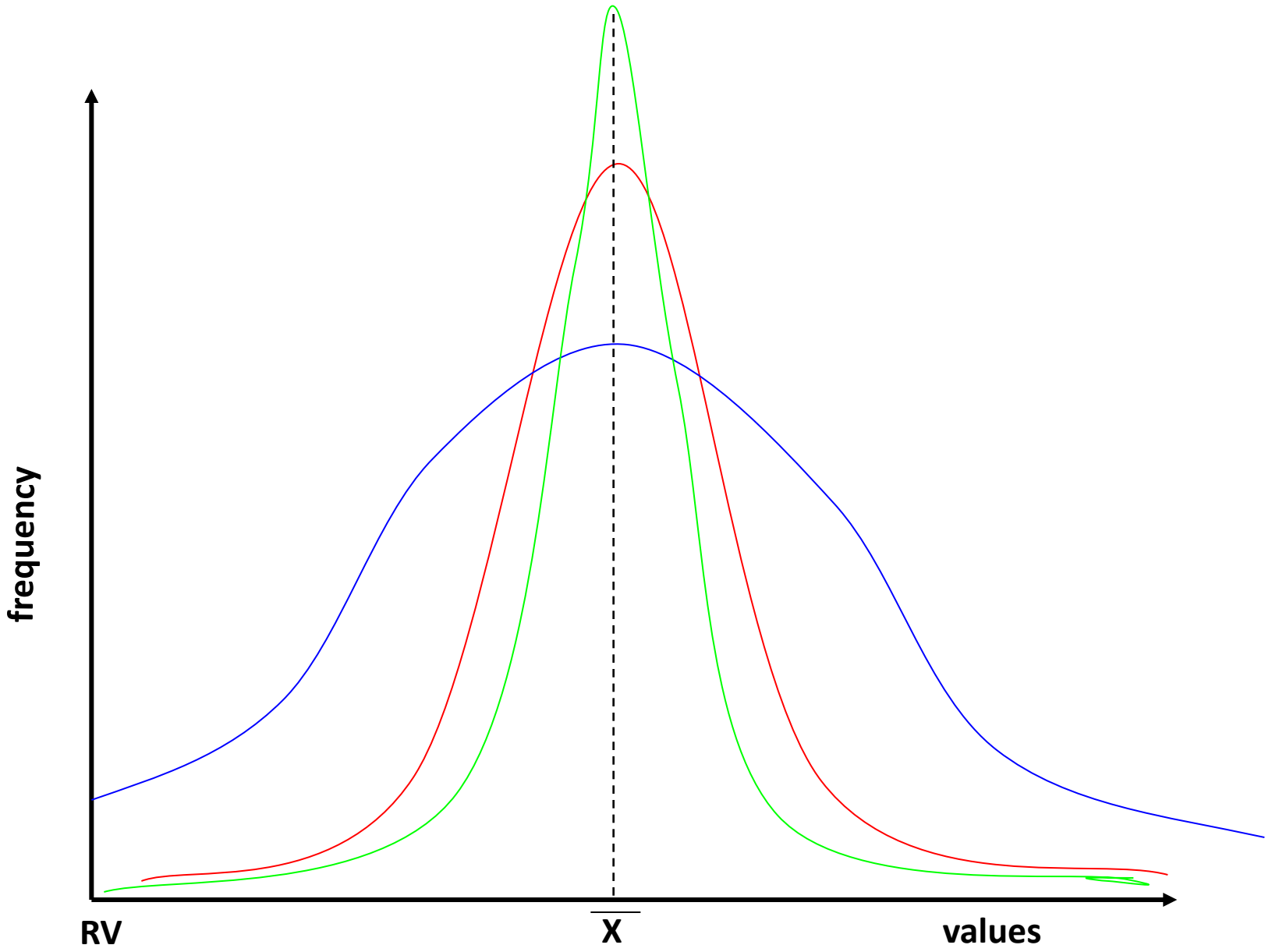
بررسی منحنی نرمال، سطوح اطمینان و ضرایب همپوشانی

Normal Curve

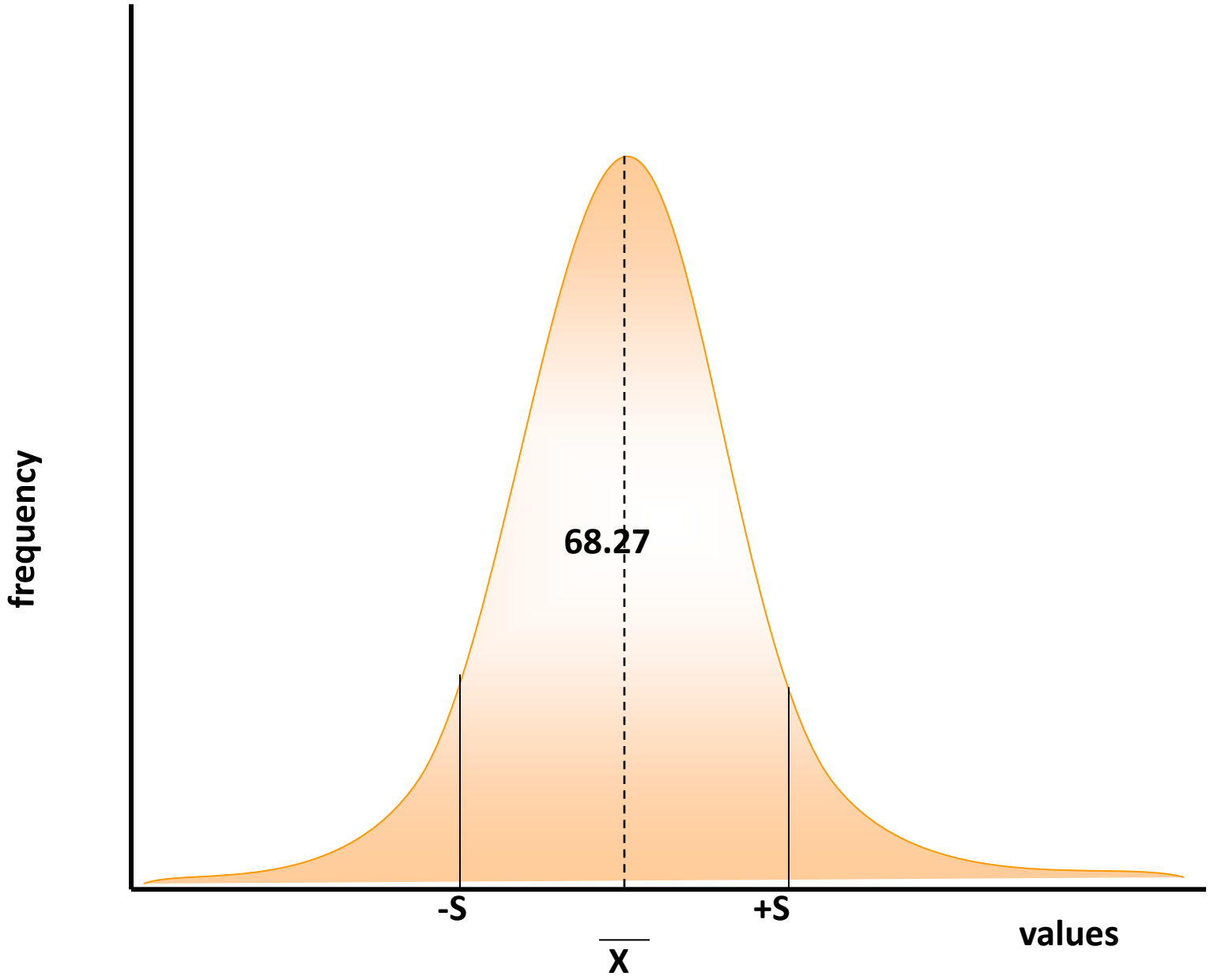



Normal Curve
frequency
B1
B2
B3
RV
values
$\overline{x}_1$
$\overline{x}_2$
$\overline{x}_2$

Normal Curve

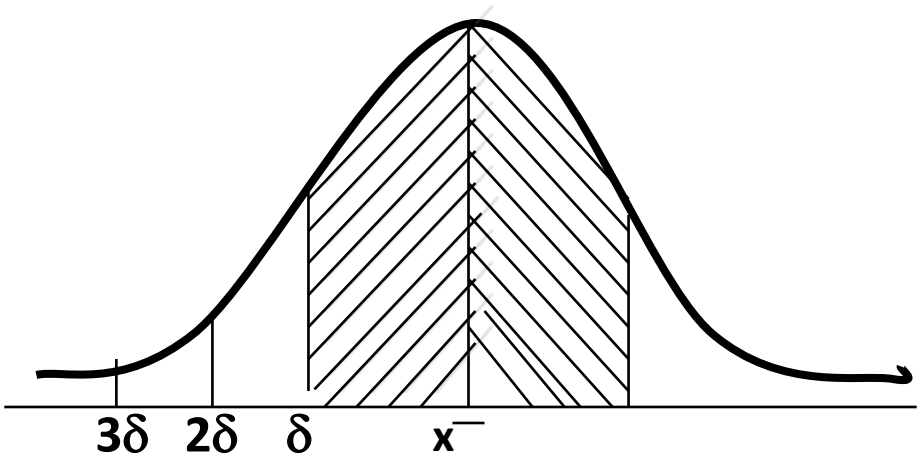


Normal Curve



ضرایب انحراف معیار استاندارد

ضرایب انحراف معیار استانداردی	درصد اطمینان
± 1	68.3
± 2	95.4
± 3	99.7
± 1.65	90.0
± 1.96	95.0
± 2.58	99.0



مـــثال

مقاومتی را ۱۰ بار اندازه‌گیری نموده‌ایم و مقادیر زیر بدست آمده است.

X1 = 100.1 Ω	X2 = 100.2 Ω
X3 = 100.1 Ω	X4 = 100.3 Ω
X5 = 100.1 Ω	X6 = 100.1 Ω
X7 = 100.2 Ω	X8 = 100.1 Ω
X9 = 100.1 Ω	X10 = 100.3 Ω

مطلوبست :

۱- مقدار متوسط مقاومت

۲- فاصله احتمال ۹۵ درصد را حول مقدار متوسط بدست آمده

i	Xi (Ω)	Xi - $\underline{X}$	(Xi - $\underline{X}$) ^{2}	محاسبات
1	100.1	-0.06	0.0036	$\overline{X} = \frac{1001.6}{10} = 100.16$
2	100.2	+ 0.04	0.0016	
3	100.1	- 0.06	0.0036	$S = \sqrt{\frac{0.0640}{9}} = \pm 0.084$
4	100.3	+0.14	0.0196	
5	100.1	-0.06	0.0036	
6	100.1	-0.06	0.0036	± 1.96×0.084=±0.165
7	100.2	+ 0.04	0.0016	100.16 ± 0.165
8	100.1	-0.06	0.0036	99.985 ⟷ 100.326
9	100.1	-0.06	0.0036	
10	100.3	+0.14	0.0196	
Sum	1,001.6	0	0.0640	

محاسبه عدم قطعیت به روش A

روشی است که بر اساس آنالیز آماری یک سری داده‌های بدست آمده از یک فرآیند اندازه‌گیری حاصل می‌شود.

محاسبه عدم قطعیت به روش A

در محاسبه عدم قطعیت به روش A از فرمول‌های زیر استفاده گردد

برای M مقدار بدست آمده (q_i) از یک فرآیند اندازه‌گیری:

میانگین یا مقدار متوسط

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{n}$$

واریانس

$$S^2(q) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(q_i - \bar{q}\right)^2}{n-1}$$

واریانس تجربی میانگین

$$S^2(\bar{q}) = \frac{S^2(q)}{n}$$

سعی شود در این روش تعداد آزمایش بیشتر از ۱۰ باشد

محاسبه عدم قطعیت به روش B

در این روش عدم قطعیت بر اساس روشی
غیر از روش‌های آماری محاسبه می‌گردد.

هشت مرحله اصلی در ارزیابی عدم قطعیت نوع B

1- مشخص کنید که در اندازه‌گیری به دنبال چه کمیتی می‌باشید. در صورت امکان رابطه ریاضی این کمیت (اندازه ده) را با کمیتهای فرعی و کمیتهای تاثیر گذار را تعیین کنید .

۲- ضرایب حساسیت هر یک از این کمیت ها را با استفاده از مشتق جزیی حساب کنید.

۳- مقدار عدم قطعیت استاندارد هر یک از مولفه را با توجه به نوع توزیع احتمال آن ها محاسبه کنید. همه عدم قطعیتها را به یک صورت بیان نمایید .

٤- مشخص کنید که آیا این عوامل از یکدیگر مستقل می‌باشند یا خیر. در صورتی که از یکدیگر مستقل نمی‌باشند به محاسبات بیشتری نیاز خواهد بود. (همبستگی متغییر ها به یکدیگر)

(ادامه)

۵- جدول بودجه عدم قطعیت مطابق الگوی استاندارد تهیه کنید

٦- عدم قطعیت استاندارد ترکیبی (جمعی) حاصل از کلیه عوامل تاثیر گذار را محاسبه نمایید.

۷- عدم قطعیت را در قالب یک ضریب پوششی، همراه با یک دامنه عدم قطعیت وسطح اطمینان مشخص نمایید.

۸- نتیجه اندازه‌گیری و عدم قطعیت را مستند نمایید وهم‌چنین مشخص کنید که چگونه به این نتایج دست یافتید

Table 9. Uncertainty Budget for Calibrating a 0 – 1 Inch Digital Micrometer.

Uncertainty Source	Estimate (μin)	Type	Distribution	Divisor	Standard Uncertainty (μin)	Variance (μin^2)
Gage blocks	4	B	Normal	2	2	4
Resolution	100	B	Rectangular	$2\sqrt{3}$	29	841
Uncertainty of CTE	0.9	B	Rectangular	$\sqrt{3}$	0.52	0.27
Master/part temperature difference	0.6	B	Rectangular	$\sqrt{3}$	0.35	0.12
Summation	845					
Combined Standard Uncertainty	29					
Expanded Uncertainty (k=1.65)	48					

An examination of the uncertainty budget shows that it consists of only one significant source, the resolution, which is a rectangular distribution. In fact, this single contributor is so large compared

گزارش دهی

بنابراین نتیجه یک اندازه‌گیری بصورت:

$$Y = y \pm (u)_{c.v}$$

$$y - u \leq Y \leq y + u$$

نمایش داده می‌شود

کاربرد های عدم قطعیت

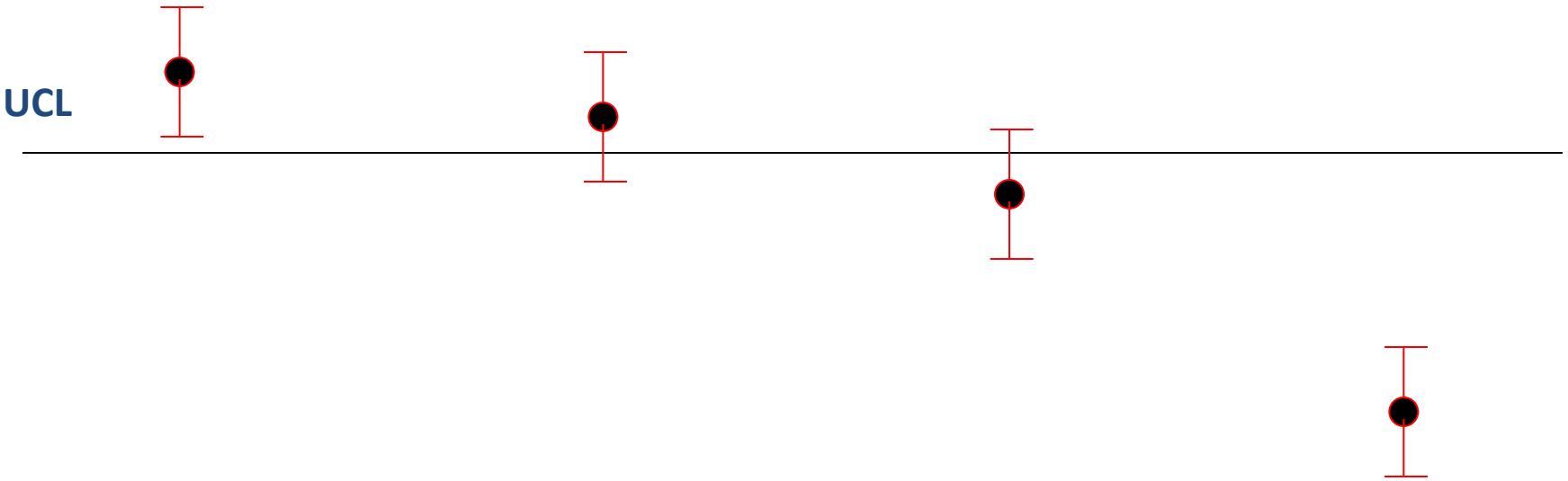
در

اندازه گیری

انطباق با حدود تعیین شده Compliance against limited

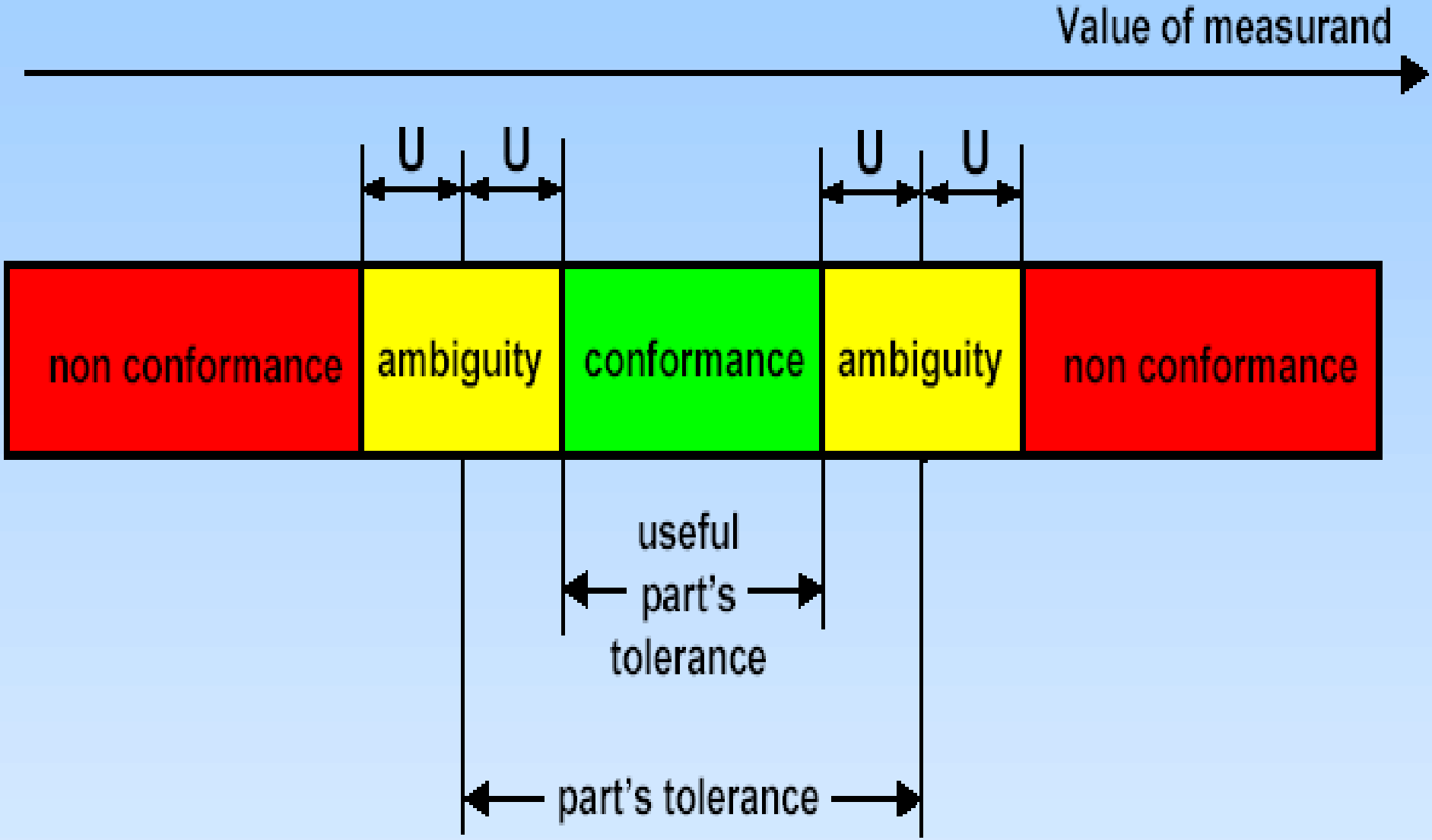
غالباً عدم قطعیت محاسبه شده باید بر اساس الزام مشتری، استاندارد و یا قانون یا حدود و یا مرز مشخص مقایسه گردد (مانند وجود سموم در مواد غذایی که باید در یک محدوده مشخص باشد). به عبارت دیگر عدم قطعیت محاسبه شده می‌تواند ملاک پذیرش و یا ردی مواد در آزمون‌های تحلیلی باشد.

Compliance against limited انطباق با حدود تعیین شده



(I)	(II)	(III)	(IV)
Result plus uncertainty above limit	Result above limit but limit within Uncertainty	Result below limit but limit within uncertainty	Result minus Uncertainty below limit

Decision rules according to ISO 14253-1



بهترین توان اندازه گیری
BMC

- بهترین توان اندازه گیری کوچکترین عدم قطعیتی است که آزمایشگاه در ایده آل ترین شرایط میتواند به آن دست یابد.بنا بر این آزمایشگاه مجاز به گزارش عدم قطعیت کمتر از بهترین توان اندازه گیری در هیچ یک از آزمون های خود نمیباشد.
- بهترین توان اندازه گیری در اغلب موارد به صورت عدم قطعیت توسعه یافته با سطح اطمینان ۹۵٪ (k=2) محاسبه میشود.
- بهترین توان اندازه گیری شاخصی است که از آن به منظور تعیین قابلیت های یک آزمایشگاه تایید صلاحیت شده استفاده میگردد.

مثال

درمحاسبه کالیبراسیون یک فشارسنج مولفه های زیر در نظر گرفته میشوند :

۱- مولفه ناشی از تکرار پذیری آزمایش :u(rep)

۲- مولفه ناشی از هیستریزس u(hys)

۳- مولفه ناشی از تغییر ارتفاع بین گیج مرجع و گیج مورد کالیبراسیون u(H)

٤- مولفه ناشی از عدم قطعیت گیج مرجع u(ref)

٥- مولفه ناشی از تفکیک پذیری گیج مورد کالیبراسیون

مثال

در صورتی که برای بدست آوردن BMC کالیبراسیون فشارسنج مولفه های زیر لحاظ میشوند:

۳- مولفه ناشی از تغییر ارتفاع بین گیج مرجع و گیج مورد کالیبراسیون u(H)

٤- مولفه ناشی از عدم قطعیت گیج مرجع u(ref)

مثال

برای کالیبراسیون میکرومتر مولفه های زیر در BMC مورد محاسبه قرار میگیرند:

۱- مولفه ناشی از عدم قطعیت گیج مرجع u(ref)

۲- عدم قطعیت ناشی از تغییرات دمای محیط u(t)

مثال

در کالیبراسیون یک دماسنج مایع در شیشه مولفه های زیر در عدم قطعیت تاثیر گذارند و باید در نظر گرفته شوند :

۱- مولفه ناشی از عدم قطعیت دماسنج مرجع u(ref)

۲- مولفه ناشی از ناپایداری کوره مرجع u(fur)

۲- مولفه های ناشی از تکرارپذیری آزمایش u(rep)

۳- مولفه ناشی از خطای فروبری u((im)

٤- مولفه ناشی از تفکیک پذیری دماسنج مورد کالیبراسیون u(res)

مثال

- در صورتی که در محاسبه BMCکالیبراسیون یک دماسنج مایع در شیشه مولفه های زیر در نظر گرفته میشوند:
- ۱- مولفه ناشی از عدم قطعیت دماسنج مرجع u(ref)
- ۲- مولفه ناشی از ناپایداری کوره مرجع u(fur)

صحه گذاری روش
Validation

5-4-5 - صحه‌گذاری روشها (validation of methods)

5-4-5-1 - صحه گذاری عبارت است از تایید از طریق بررسی و فراهم کردن شواهد عینی در مورد اینکه الزامات خاصی برای کاربرد معین مورد نظر برآورده شده است.

5-4-5-2 - آزمایشگاه باید روشهای استاندارد نشده ، روشهایی که آزمایشگاه خود طراحی یا ابداع کرده است ، روشهای استانداردی که خارج از دامنه کاربرد مورد نظر آنها به کار برده می شوند و نیز بسط و اصلاح روشهای استاندارد را صحه گذاری نماید تا بتوان تایید کرد که روشها برای کاربرد مورد نظر مناسب هستند.

- صحه گذاری باید تا حدی که لازم است گسترده باشد تا نیازهای کاربرد معین یا زمینه کاربرد مورد نظر را بر آورده سازد
- آزمایشگاه باید نتایج حاصل ، روش اجرایی مورد استفاده در صحه گذاری و نیز اظهاریه ای (statement) را درباره مناسب بودن و یا نبودن روش برای کاربرد مورد نظر را ثبت نمود.

یادآوری 1 : فنون مورد استفاده در تعیین عملکرد یک روش بایستی یکی از موارد زیر و یا ترکیبی از آنها باشد:

- **کالیبراسیون با استفاده از استاندارد های اندازه گیری مرجع یا مواد مرجع**
- **مقایسه با نتایج حاصله ا ز کاربرد سایر روشها**
- **مقایسه بین آزمایشگاهی**
- **ارزیابی نظام یافته عوامل تاثیر گذار بر نتایج**
- **ارزیابی (assessment) عدم قطعیت نتایج بر اساس درک علمی اصول نظری (theoretical principle) روش و تجربه عملی**

یادآوری 2: هرگاه در روشهای استاندارد نشده ای که صحه گذاری شده اند تغییراتی صورت گیرد ، تاثیر این تغییرات بایستی مـــــدون شود و درصورت اقتضا صحه گذاری جدیدی بایستی انجام گیرد.

- موارد قابل استفاده در مبحث صحه گذاری یک روش آزمایشگاهی عبارتند از :
- داده های ناشی از روش استاندارد
- داده های ناشی از روش توسعه یافته
- معادله معیار پذیرش
- جدول استاندارد معیار پذیرش
- نتیجه گیری مناسب بودن یا نامناسب بودن روش

5-9 تضمین کیفیت نتایج آزمون و کالیبراسیون
(assuring the quality of test and calibration)

5-9-1 آزمایشگاه باید روشهای اجرائی کنترل کیفیت بـــــرای پایش صحه گذاری (validation) آزمونها و کالیبراسیون هایی که انجام میشود داشته باشد . داده های بدست آمده باید طوری ثبت شوند که روند تغییرات قابل تشخیص باشد و در صورت عملی بودن باید فنون آماری درمورد بررسی نتایج به کار رود . این پایش باید طرح ریزی شده و بازنگری گردد و می تواند شامل موارد زیر باشد و لیکن منحصر به آنها نمی شود:

الف : استفاده ازمواد مرجع گواهی شده (C.R.M) و یا کنترل کیفیت داخلی با استفاده از مواد مرجع ثانویه

ب : شرکت در مقایسه های بین آزمایشگاهی ویا برنامه های آزمایش کفایت تخصصی

ج : تکرار آزمونها یا کالیبراسیون با استفاده ا ز یک روش و یا روشهای دیگر

د -آزمایش ویا کالیبراسیون مجدد اقلام نگهداری شده

هـ - همبستگی میان نتایج مربوط به ویژگیهایی مختلف یک قلم مورد آزمایش ویا کالیبراسیون

انواع مکانیزم های کنترل کیفیت

۱- کنترل کیفیت داخلی :

- تکرار آزمون ها
- نمودار های کنترلی
- تعویض آزمایشگرها
- تعویض تجهیزات آمایش
- ممیزی های داخلی
- همبستگی های پارامترهای مختلف یک کمیت

انواع مکانیزم های کنترل کیفیت

۲-کنترل کیفیت خارجی:

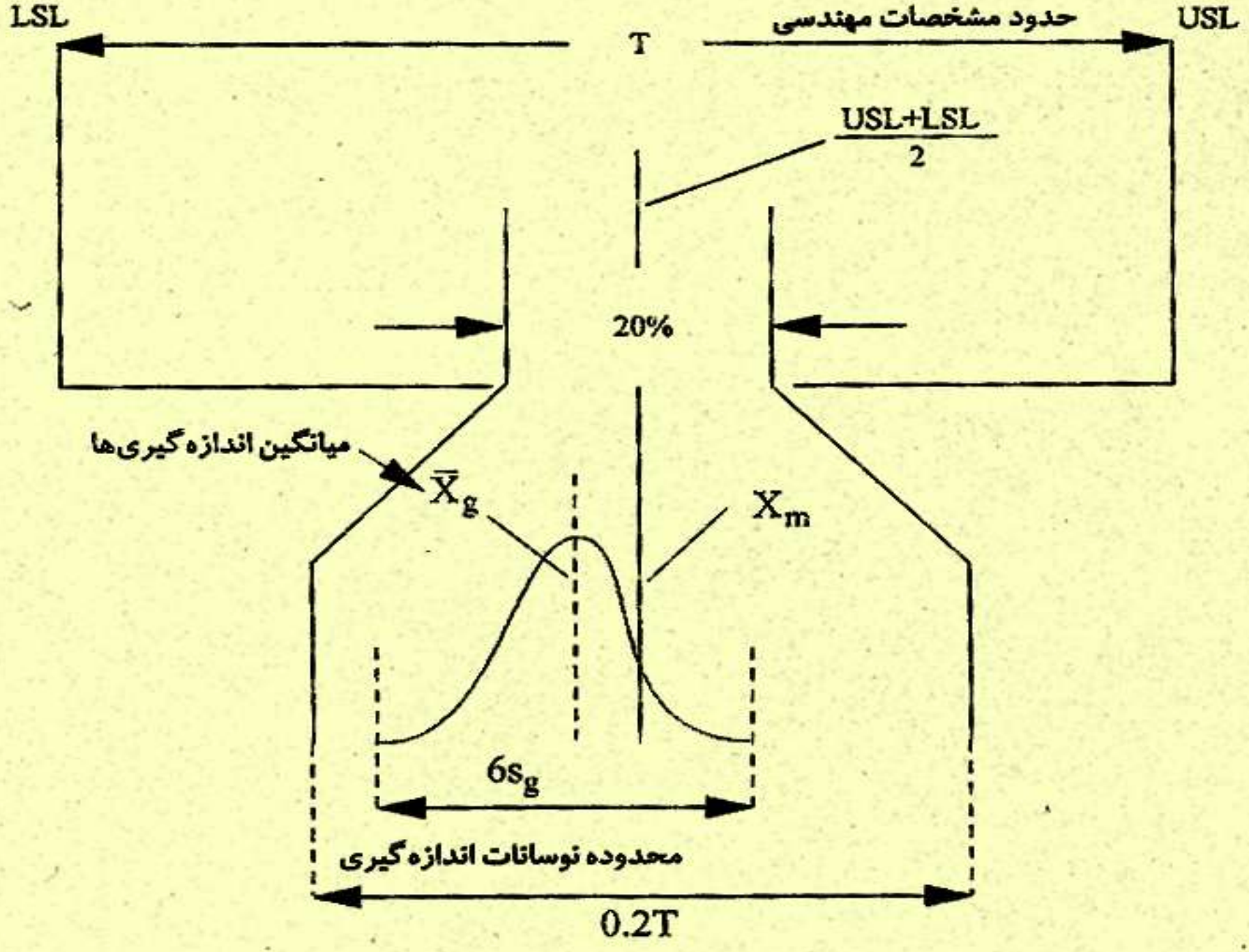
- مقایسات بین آزمایشگاهی
- تبادل نمونه ها
- مواد مرجع خارجی
- مواد مرجع گواهی شده (CRM)
- ممیزی خارجی
- آزمون مهارت

CAPABILITY OF THE GAGE توانایی تجهیزات اندازه گیری

با محا سبه شاخص های توانایی اندازه گیری (Cgو Cgk) میتوان مناسب بودن هر وسیله اندازه گیری را بررسی کرد.

$$\overline{X}_g = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$$S_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x}_g)^2}{n-1}}$$


LSL
حدود مشخصات مهندسی
USL
T
USL+LSL
2
20%
میانگین اندازه گیری‌ها
$\bar{X}_g$
X_m
$6s_g$
محدوده نوسانات اندازه گیری
0.2T

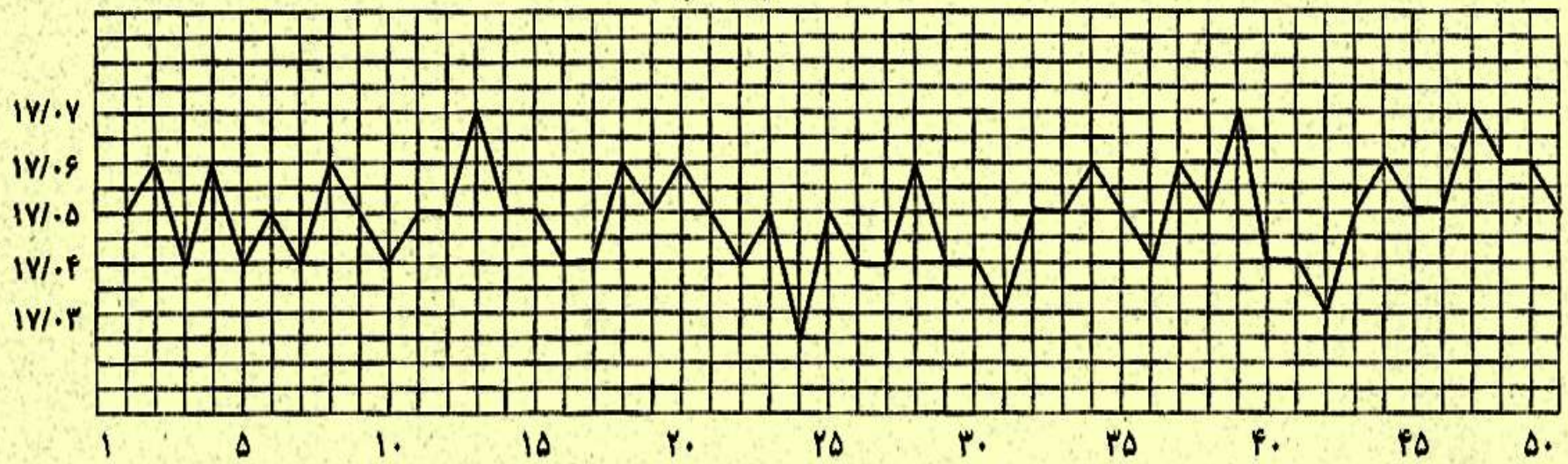
شاخص	براساس حدود تلرانس	براساس حدود فرایند
C_g	$C_g = \frac{0.2T}{6S_g}$	$C_g = \frac{0.15(6\sigma_p)}{6S_g} = \frac{0.15\sigma_p}{S_g}$
C_{gk}	$C_{gk} = \frac{0.1T - \left\lvert \bar{X}_g - X_m \right\rvert}{3S_g}$	$C_{gk} = \frac{0.5\times0.15(6\sigma_p) - \left\lvert \bar{X}_g - X_m \right\rvert}{3S_g}$ $= \frac{0.45\sigma_p - \left\lvert \bar{X}_g - X_m \right\rvert}{3S_g}$
حداقل معیار پذیرش	1.33	1

مثال

از یک کولیس برای اندازه گیری قطر داخلی سوراخی با اندازه17.05 ± 0.25میلی متر استفاده میشود .این قطعه ۵۰ بار توسط یک اپراتور با تجربه و بر اساس دستور العملی مشخص اندازه گیری میشود. مناسب بودن این کولیس را بررسی نمایید.

فرم محاسبات توانایی ابزار اندازه‌گیری (براساس حدود تلرانس نقشه)

نمودار کنترل



مقادیر اندازه‌گیری شده

۱ ۱۷/۰۵	۶ ۱۷/۰۵	۱۱ ۱۷/۰۵	۱۶ ۱۷/۰۴	۲۱ ۱۷/۰۵	۲۶ ۱۷/۰۴	۳۱ ۱۷/۰۳	۳۶ ۱۷/۰۴	۴۱ ۱۷/۰۴	۴۶ ۱۷/۰۵
۲ ۱۷/۰۶	۷ ۱۷/۰۴	۱۲ ۱۷/۰۵	۱۷ ۱۷/۰۴	۲۲ ۱۷/۰۴	۲۷ ۱۷/۰۴	۳۲ ۱۷/۰۵	۳۷ ۱۷/۰۶	۴۲ ۱۷/۰۳	۴۷ ۱۷/۰۷
۳ ۱۷/۰۴	۸ ۱۷/۰۶	۱۳ ۱۷/۰۷	۱۸ ۱۷/۰۶	۲۳ ۱۷/۰۵	۲۸ ۱۷/۰۶	۳۳ ۱۷/۰۵	۳۸ ۱۷/۰۵	۴۳ ۱۷/۰۵	۴۸ ۱۷/۰۶
۴ ۱۷/۰۶	۹ ۱۷/۰۵	۱۴ ۱۷/۰۵	۱۹ ۱۷/۰۵	۲۴ ۱۷/۰۳	۲۹ ۱۷/۰۴	۳۴ ۱۷/۰۶	۳۹ ۱۷/۰۷	۴۴ ۱۷/۰۶	۴۹ ۱۷/۰۶
۵ ۱۷/۰۴	۱۰ ۱۷/۰۴	۱۵ ۱۷/۰۵	۲۰ ۱۷/۰۶	۲۵ ۱۷/۰۵	۳۰ ۱۷/۰۴	۳۵ ۱۷/۰۵	۴۰ ۱۷/۰۴	۴۵ ۱۷/۰۵	۵۰ ۱۷/۰۵

$T = 0.5$

$n = 50$

$X_m = 17.05$

$\overline{X}_g = \frac{\sum_{1}^{50} X_i}{50} = 17.049$

$S_g = \sqrt{\frac{\sum (x_i - 17.049)^2}{49}}$

$Cg = \frac{0.2T}{6S_g} = \frac{0.2 \times 0.5}{6 \times 0.00998} = 1.67$

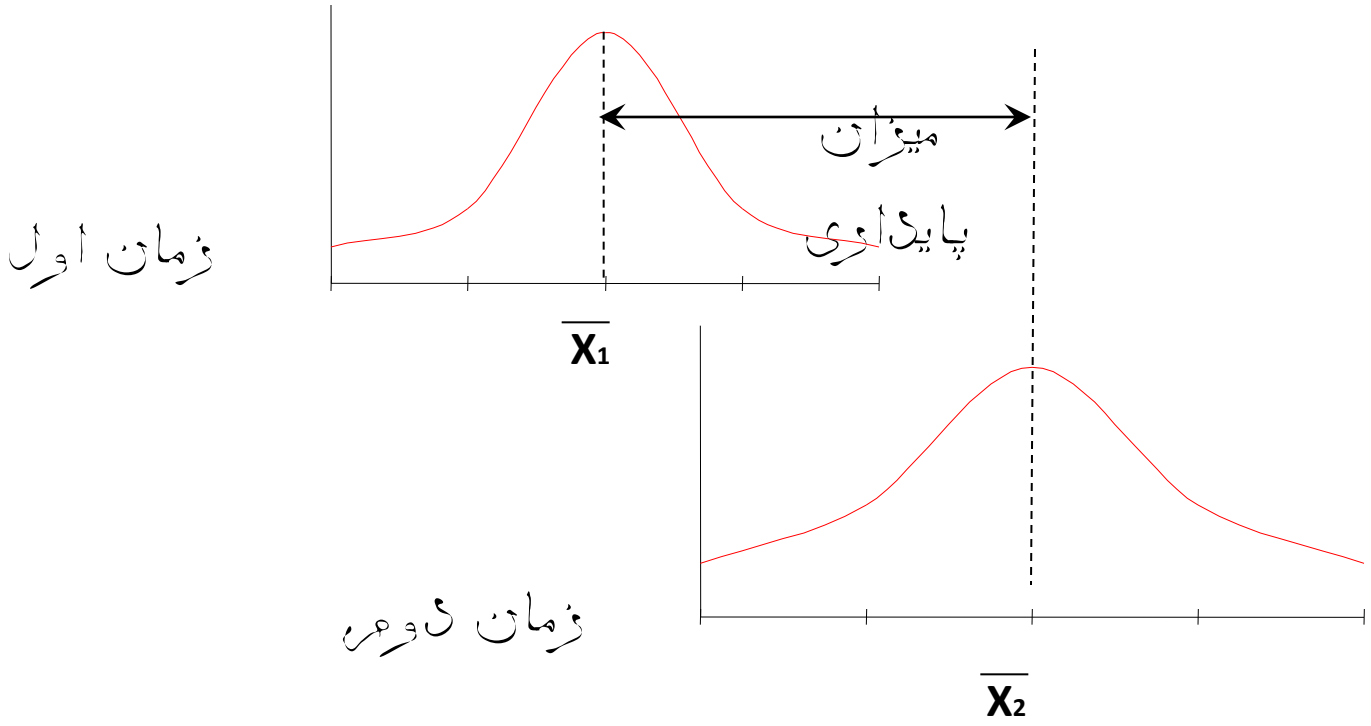
$C_{gk} = \frac{0.1T - |X_g - X_m|}{3S_g} = \frac{0.1 \times 0.5 - |17.049 - 17.05|}{3 \times 0.0098} = 1.636$

نظر کارشناس: نمودار روند حالت غیرتصادفی نشان نمی‌دهد و توانایی ابزار اندازه‌گیری مورد تایید است.

کارگاه

میزان پایداری Stability

تغییرات کل در نتایج یک اندازه‌گیری که از طریق اندازه‌گیری یک مشخصه خاص یک نمونه با گذشت زمان بوجود می‌آید را میزان پایداری یک سیستم اندازه‌گیری می‌گویند.



راهنمایی برای تعیین پایداری یک سیستم

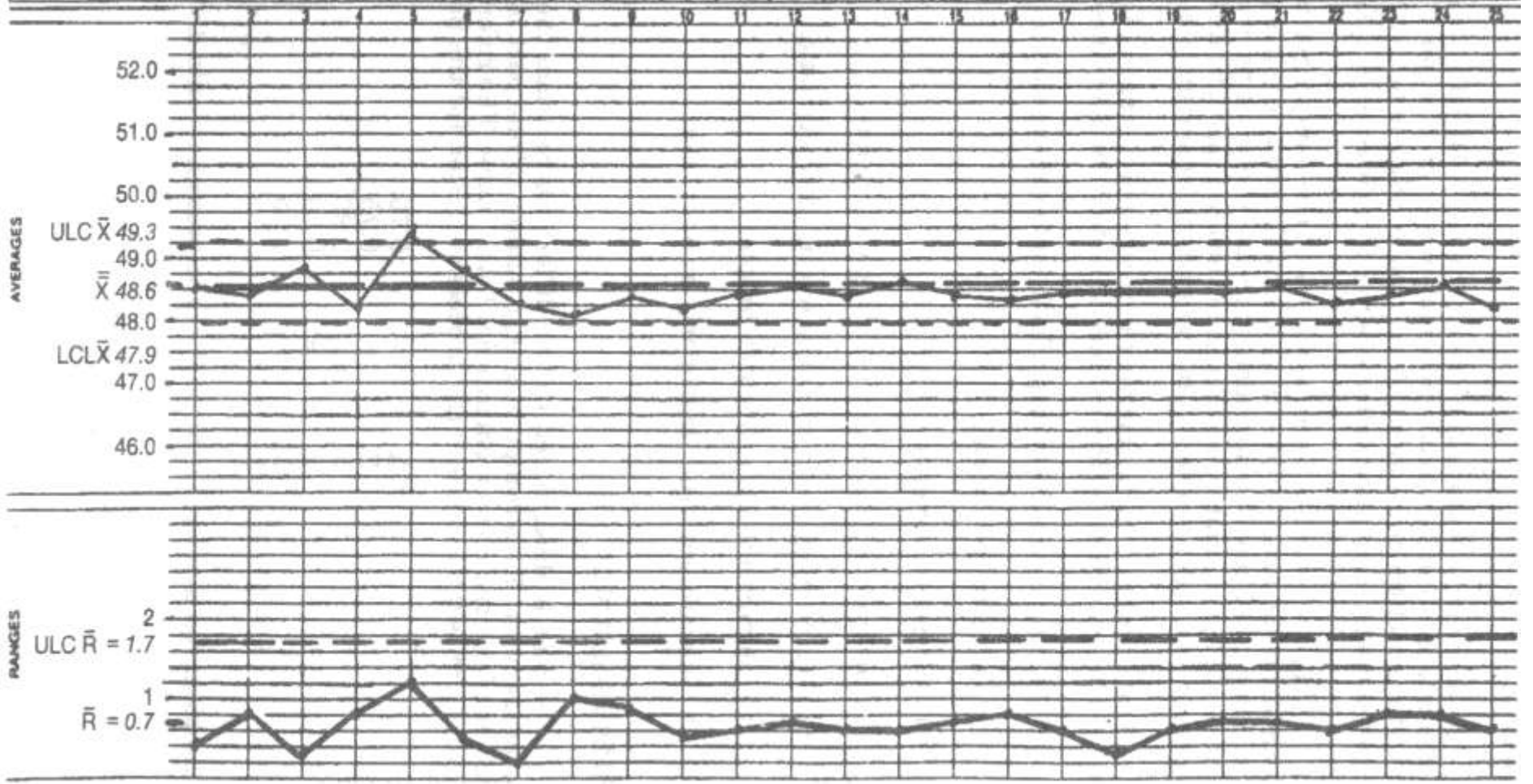
- تعداد نمونه و تناوب یا فرکانس اندازه‌گیری می‌بایست بر اساس آگاهی کامل از ماهیت سیستم اندازه‌گیری صورت پذیرد که این عوامل ممکن است زمان کالیبراسیون دوره‌ای تعمیر و یا کالیبراسیون تجهیزات و تعداد دفعات استفاده از سیستم اندازه‌گیری مقدار فشار وارده بر روی سیستم اندازه‌گیری با توجه به چگونگی استفاده کردن از آن باشد.
- داده‌های به دست آمده را درروی نمودار X&R و یا X&S رسم کنید.
- محدوده کنترل را تعیین و نقاط خارج از کنترل را روی منحنی مشخص نمائید.
- انحراف معیار اندازه‌گیری را محاسبه کرده و آن را به منظور تعیین

مثال درمورد پایداری سیستم

سرپرست یک آزمایشگاه تصمیم به کنترل و نظارت سیستمی می‌نماید که چسبندگی مواد را اندازه‌گیری می‌کند. او هیچگونه ماده استانداری که چسبندگی مشخصی داشته باشد ندارد. اما همواره یک نمونه را به عنوان نمونه اصلی نگهداری می‌نماید.

او هر هفته این نمونه را به سه قسمت تقسیم نموده و چسبندگی آنها را اندازه‌گیری می‌نماید که نتایج آن در نمودار زیر مشخص است.

DATE		10/16	10/22	10/28	11/12	11/18	11/19	11/25	12/17	12/12	12/20	12/8	1/12	1/13	2/20	4/11	5/20	6/14	6/28	2/6	2/21	8/9	8/22	9/2	9/22	10/4			
TIME		10:00	9:30	9:00	2:30	10:30	2:00	9:00	9:20	9:00	9:00	9:30	9:30	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:30	9:00	9:00			
SAMPLE MEASUREMENTS	1	48.6	48.4	48.9	48.9	48.7	48.5	48.4	48.7	47.8	47.9	48.1	48.2	48.1	49.3	48.0	47.9	48.1	48.3	48.1	48.0	48.2	47.9	48.0	48.1	47.9			
	2	48.7	48.8	48.6	47.9	50.1	48.0	48.2	48.0	48.6	48.3	48.6	48.5	48.7	48.9	48.7	48.3	48.4	48.6	48.6	48.6	48.4	48.3	48.4	48.6	48.3			
	3	48.3	48.0	48.9	48.0	48.2	48.0	48.3	47.7	48.2	48.4	48.7	48.9	48.5	48.6	48.6	48.7	48.7	48.5	48.7	48.7	48.9	48.7	48.8	48.9	48.4			
	4																												
	5																												
SUM		145.60	145.20	146.40	144.80	148.10	146.50	144.90	145.40	145.10	144.60	145.40	145.60	145.30	146.80	145.30	144.90	145.20	145.40	145.40	145.30	145.50	144.90	145.20	146.60	144.60			
AVERAGE, $\bar{X}$		48.53	48.40	48.80	48.20	49.40	48.83	48.30	48.13	48.37	48.20	48.47	48.53	48.43	48.60	48.43	48.30	48.40	48.47	48.47	48.43	48.50	48.30	48.40	48.53	48.20			
RANGE, R		.4	.8	.3	.8	1.2	.5	.3	1.0	.9	.5	.6	.7	.6	.6	.7	.8	.6	.3	.6	.7	.7	.8	.8	.8	.5			
NOTES																													



فرمول های مورد نیاز برای رسم نمودار های کنترلی در MSA

۱- نمودار کنترلی میانگین

$$U_{CL\overline{\overline{X}}} = \overline{\overline{X}} + A_2 \times \overline{R}$$

$$L_{CL\overline{\overline{X}}} = \overline{\overline{X}} - A_2 \times \overline{R}$$

۲-نمودار کنترلی تغیرات دامنه

$$U_{CL\overline{R}} = D_4 \times \overline{R}$$

$$L_{CL\overline{R}} = D_4 \times \overline{R}$$

Table 3. Control Chart Constants

Number of Observations in Subgroup	A2	D3	D4
2	1.880	0	3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.115
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777
11	0.285	0.256	1.744
12	0.266	0.284	1.716
13	0.249	0.308	1.692
14	0.235	0.329	1.671
15	0.223	0.348	1.652

FACTORS FOR 99.7% ACTION LIMITS ACCORDING TO ISO8258

فرمول های مورد نیاز برای رسم نمودار های کنترلی درتحلیل های آزمایشگاهی

1-نمودار کنترلی میانگین :

$$CL = \mu_0 = RV$$
$$U_{WL} = \mu_0 + 2S$$
$$L_{WL} = \mu_0 - 2S$$
$$U_{AL} = \mu_0 + 3S$$
$$L_{AL} = \mu_0 - 3S$$

۲-نمودار کنترلی دامنه تغییرات:

$$CL = \overline{R}$$
$$U_{WL} = W_2 \times \overline{R}$$
$$L_{WL} = W_1 \times \overline{R}$$
$$U_{AL} = D_4 \times \overline{R}$$
$$L_{AL} = D_3 \times \overline{R}$$

ثابت های نمودار کنترلی

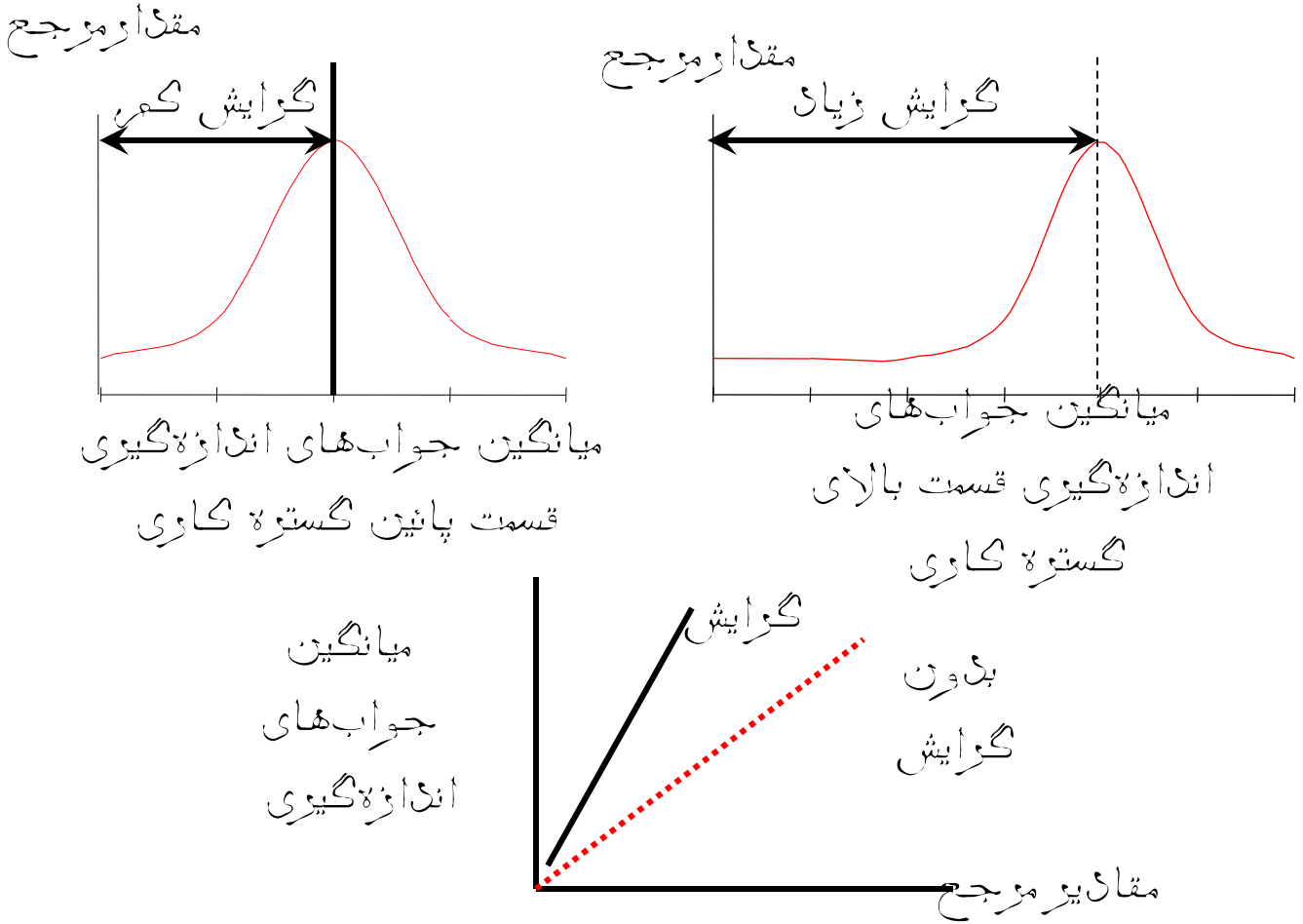
n	W	A2	W1	W2	D3	D4	d2
2	1.228	1.936	0.039	2.809	0.002	4.124	1.128
3	0.669	1.054	0.179	2.176	0.036	2.992	1.693
4	0.476	0.751	0.289	1.935	0.098	2.579	2.059
5	0.377	0.594	0.365	1.804	0.158	2.358	2.326
6	0.316	0.498	0.421	1.721	0.211	2.217	2.534
7	0.274	0.432	0.462	1.662	0.256	2.119	2.704
8	0.243	0.384	0.495	1.617	0.293	2.045	2.847
9	0.220	0.347	0.522	1.583	0.325	1.988	2.970
10	0.201	0.318	0.544	1.554	0.352	1.941	3.078

FACTORS FOR 95% WARNING AND 99.8% ACTION LIMITS

کارگاه

Linearity خطی بودن

تفاوت مقدار گرایش در تمامی گستره کاری یک سیستم اندازه‌گیری، میزان خطی بودن آن را تعیین می‌کند.



مثال در مورد خطی میزان بودن یک ابزار

سرپرست یک کارگاه میخواهد میزان خطی بودن سیستم اندازه‌گیری موجود در کارگاه را بررسی نماید. پنج نمونه از تمامی گستره کاری سیستم انتخاب می‌کند. مقادیر مرجع هر یک از نمونه‌ها را تعیین می‌کند و سپس هر یک از نمونه‌ها را دوازده بار توسط یک اپراتور اندازه‌گیری می‌نماید وآنها را طبق جدول زیر ثبت می‌کند.

شماره قطعه		۱	۲	۳	٤	٥
اندازه واقعی قطعه		2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
دفعات و نتایج اندازه‌گیری هر قطعه	۱	۲.۷	٥.۱	٥.۸	۷.٦	۹.۱
	۲	۲.۷	۳.۹	٥.۷	۷.۸	۹.۳
	۳	۲.٤	٤.۲	٥.۹	۷.۸	۹.٥
	٤	۲.٥	٥.۰	٥.۹	۷.۷	۹.۳
	٥	۲.۷	۳.۸	٦.۰	۷.۸	۹.٤
	٦	۲.۳	۳.۹	٦.۱	۷.۸	۹.٥
	۷	۲.٥	۳.۹	٦.۰	۷.۸	۹.٥
	۸	۲.٥	۳.۹	٦.۱	۷.۸	۹.٥
	۹	۲.٤	۳.۹	٦.٤	۷.۸	۹.٦
	۱۰	۲.٤	٤.۰	٦.۳	۷.٥	۹.۲
	۱۱	۲.٦	٤.۱	٦.۰	۷.٦	۹.۳
	۱۲	۲.٤	۳.۸	٦.۱	۷.۷	۹.٤
میانگین اندازه‌های هر قطعه		۲.٥۰۸	٤.۱۲٥	٦.۰۲٥	۷.۷۲٥	۹.۳۸۳
تمایل (Bias)		۰.٥۰۸	۰.۱۲٥	۰.۰۲٥	-۰.۲۷٥	-۰.٦۱٦

محاسبات

Part	X	Y	XY	X^2
١	٢	٠.٥٠٨	١.٠١٦	٤
٢	٤	٠.١٢٥	٠.٥	١٦
٣	٦	٠.٠٢٥	٠.١٥	٣٦
٤	٨	-٠.٢٧٥	-٢.٢	٦٤
٥	١٠	٠.٦١٦-	-٦.١٦	١٠٠
∑	٣٠	٠.١٥	٠.٦٥	٢١٦

محاسبات برای **a** و **b**:

$$a = \frac{n\sum xy - \left(\sum x\right)\left(\sum y\right)}{n\left(\sum x^2\right) - \left(\sum x\right)^2} = \frac{5\times 0.65 - 30\times 0.15}{5\times 216 - 30^2} = -0.0069$$

$$b = \frac{\sum y - a\left(\sum x\right)}{n} = \frac{0.15 - (-0.0069)\times 30}{5} = 0.0716$$

$$y = ax + b \rightarrow y = -0.00694x + 0.0716$$

درصد خطي بودن = $|a| \times 100\% = |-0.00649| \times 100\% = 0.694$

$$R^2 = \frac{\left[\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}\right]^2}{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right]\left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right]} = \frac{\left[0.65 - \frac{30\times 0.15}{5}\right]^2}{\left[216 - \frac{30^2}{5}\right]\left[0.7293 - \frac{0.15^2}{5}\right]} = 0.002395$$

تحلیل ضریب همبستگی (R^2)

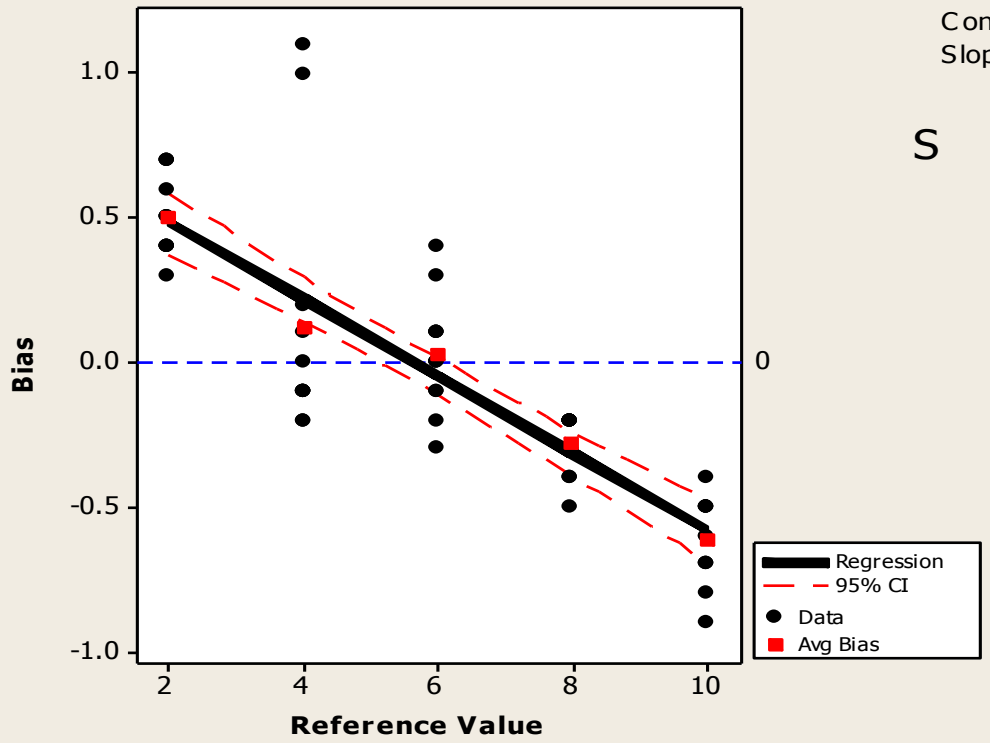
هر چه مقدار R^2 به عدد یک نزدیک‌تر باشد، بین نقاط رسم شده در نمودار، ارتباط خطی بهتری برقرار است (نقاط به خط برازش نزدیکتر هستند به طوری که روی خط، یا بسیار نزدیک به آن، متمرکز هستند)

میزان همبستگی	R^2
بسیار بالا	0.9 – 1
بالا	0.70 –0.89
متوسط	0.40 - 0.69
پایین	0.20 -0.39
بسیار پایین	0.00-0.19

پاسخ با استفاده از نرم‌افزار MINITAB 14

Answers of Linearity Example

Gage name: Colis
Date of study: Jan 2006
Reported by: IMQ
Tolerance: 0.1
Misc: -



Gage Linearity

Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	0.74833	0.07333	0.000
Slope	-0.13250	0.01105	0.000

S 0.242200 R-Sq 71.2%

Gage Bias

Reference	Bias	P
Average	-0.046667	0.071
2	0.508333	0.000
4	0.125000	0.293
6	0.025000	0.688
8	-0.275000	0.000
10	-0.616667	0.000

روش حذف داده های مشکوک (Q TEST)

- آزمایش Q (دین و دیکسون)

$$Q = \frac{\text{پاسخي كه از نظر مقدارآن نزديكتراست - پاسخ مشكوك}}{R}$$

- R= فاصله داده ها یعنی تفاوت بین کوچکترین و بزرگترین پاسخ
- اگر مقدار Q محاسبه شده از مقدار Q جدول برای درصد اطمینان مورد نظر کمتر شده ، نباید پاسخ مشکوک را حذف نمود ولی اگر مقدار Q محاسبه شده از Q جدول بیشتر باشد ، پاسخ مشکوک بایدحذف شود.

جدول مقادیر بحرانی

تعداد داده ها (n)	90%اطمینان (10% احتمال)	95%اطمینان (5% احتمال)	99%اطمینان (1% احتمال)
3	0.941	0.970	0.994
4	0.765	0.829	0.936
5	0.642	0.710	0.831
6	0.560	0.625	0.740
7	0.507	0.568	0.680
8	0.468	0.536	0.634
9	0.437	0.493	0.598
10	0.412	0.466	0.468

یک مثال

- چهار نتیجه زیر برای حجم استاندارد مصرف شده در یک تیترسنجی حاصل شده آیا از پاسخ مشکوک بایستی صرفنظر نمود یا خیر:
- 20.85 و 20.80و 20.95و 21.35 میلي ليتر
- حل:

$$Q = \frac{21.35 - 20.95}{21.35 - 20.80} = \frac{0.20}{0.55} = 0.727$$

- از طرفی Q ازجدول در ۵ درصد احتمال و n=4 برابر 0.829است. و 0.829 > 0.727 پس با اطمینان ۹۵٪ نبایستی پاسخ مشکوک حذف شود.
- با توجه به اینکه تکرار آزمایش باعث کم شدن خطا میشود ، این مورد را با تکرار ۷ آزمایش ارائه می دهیم:
- 20.75 و 20.80 و 20.95 و 21.20 و 20.90 و 20.82 و 21.35

- در این مقدار Q محاسبه شده برای پاسخ مشکوک یعنی 21.35 برابر 0.615 میشود. تعداد Q از جدول برای 7 داده برابر0.568 است.
- 0.615>0.568
- با اطمینان ۹۵٪ پاسخ مشکوک باید حذف شود
- پس باید معدل گیری مجدد با داده های کاهش یافته (حذف نتیجه مشکوک) انجام شود

کارگاه

ارزیابی دقت توسط مقایسه واریانس ها
F-Test

- **برای مقایسه دقت انجام یک آزمون که توسط دو آزمایشگاه یا دو آزمایشگر که با n بار برای یک نفر و یا یک ازمایشگاه و m بار برای نفر و یا آزمایشگاه دیگر حاصل شده اند نسبت مربع انحراف معیارها (واریانس) را محاسبه نموده و آن را F می نامیم . واریانس بزرگتر را در صورت می نویسیم:**

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\text{واریانس بزرگتر}}{\text{واریانس کوچکتر}}$$

ارزیابی دقت توسط مقایسه واریانس ها
F-Test

- سپس مقدار F بدست آمده را با F بدست آمده از روی جداول آماری F TEST با سطح اطمینان مربوطه مقایسه میکنیم ، در صورتیکه F بدست آمده از طریق محاسبه کمتر از مقدار F جدول باشد، اختلاف معنی داری بین دقت نتیجه دو آزمایشگاه ویا دو نفر وجود ندارد.در غیر اینصورت باید اقداماتی در جهت رفع نواقص صورت پذیرد.

جدول ۲ ــ مقادیر بحرانی F در ۰/۰۵ /(پنج درصد) احتمال

درجه آزادی S کوچکتر	درجه آزادی S بزرگتر											
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۲
۱	۱٦۱	۲۰۰	۲۱٦	۲۲٥	۲۳۰	۲۳٤	۲۳۷	۲۳۹	۲٤۱	۲٤۲	۲٤٤
۲	۱۸/٥۱	۱۹/۰۰	۱۹/۱٦	۱۹/۲٥	۱۹/۳۰	۱۹/۳۳	۱۹/۳٦	۱۹/۳۷	۱۹/۳۸	۱۹/۳۹	۱۹/٤۱
۳	۱۰/۱۳	۹/٥٥	۹/۲۳	۹/۱۲	۹/۰۱	۸/۹٤	۸/۸۸	۸/۸٤	۸/۸۱	۸/۷۸	۸/۷٤
٤	۷/۱۷	٥/۹٤	٦/٥۹	٦/۳۹	٦/۲٦	٦/۱٦	٦/۰۹	٦/۰٤	٦/۰۰	٥/۹٦	٥/۹۱
٥	٦/٦۱	٥/۷۹	٥/٤۲	٥/۱۹	٥/۰٥	٤/۹٥	٤/۸۸	٤/۸۲	٤/۷۳	٤/۷٤	٤/٦۸
٦	٥/۹۹	٥/۱٤	٤/۷٦	٤/٤٤	٤/۳۹	٤/۲۳	٤/۲۱	٤/۱٥	٤/۱۰	٤/۰٦	٤/۰۰
۷	۹/٥۹	٤/۷٤	٤/۳٥	٤/۱۰	۳/۹۷	۳/۸۷	۳/۷۹	۳/۷۳	۳/٦۸	۳/٦۳	۳/٥۷
۸	٥/۳۲	٤/٤٦	٤/۰۷	۳/۸٤	۳/٦۹	۳/٥۸	۳/٥۰	۳/٤٤	۳/۳۹	۳/۳٤	۳/۲۸
۹	٥/۱۲	٤/۲٦	۳/۸٦	۳/٦۳	۳/٤۸	۳/۳۷	۳/۲۹	۳/۲۳	۳/۱۸	۳/۱۳	۳/۰۷
۱۰	٤/۹٦	٤/۱۰	۳/۷۱	۳/۸٤	۳/۳۳	۳/۲۲	۳/۱٤	۳/۰۷	۳/۰۲	۲/۹۷	۲/۹۱
۱۱	٤/۸٤	۳/۹۸	۳/٥۹	۳/۳٥	۳/۲۰	۳/۰۹	۳/۰۱	۲/۹٥	۲/۹۰	۲/۸٦	۲/۷۹
۱۲	٤/۷٥	۳/۸۸	۳/٤۹	۳/۲٥	۳/۱۱	۳/۰۰	۲/۹۲	۲/۸٥	۲/۸۰	۲/۷٦	۲/٦۹
۱۳	٤/٥۷	۳/۸۰	۳/٤۱	۳/۱۳	۳/۰۲	۲/۹۱	۲/۳٤	۲/۷۷	۲/۷۲	۲/۳۷	۲/۳۲
۱٤	٤/٦۰	۳/۷٤	۳/۳٤	۳/۱۱	۲/۹٦	۲/۸٦		۲/۷۰		۲/٦۰	
۱٥	٤/٥٤	۳/٥۳	۳/۲۹	۳/۲٦	۲/۹۰	۲/۸۹	۲/۷۰	۲/۳٤	۲/٥۹	۲/٥۳	۲/٤۸
۱٦	٤/٤۹	۳/٦۳	۳/۲٤	۳/۰۱	۲/۸٥	۲/۷٤	۲/٦٦	۲/٥۹	۲/٥٤	۲/٤۹	۲/٤۲
۱۷	٤/٤٥	۳/٥۹	۳/۲۰	۲/۹٥	۲/۳۱	۲/۷	۲/٦۲	۲/٥٥	۲/٥۰	۲/٤٥	۲/۳۳
۱۸	٤/٤۱	۳/٥٥	۳/۱٦	۲/۹۳	۲/۷۷	۲/٦٦	۲/٥۸	۲/٥۱	۲/٤٦	۲/٤۱	۲/۳٤
۱۹	٤/۳۸	۳/٥۲	۳/۱۳	۲/۹۰	۲/۷٤	۲/٦۳	۲/٥٥	۲/٤۸	۲/٤۳	۲/۳۸	۲/۳۱
۲۰	٤/۳٥	۳/٤۹	۳/۱۰	۲/۸۷	۲/۷۱	۲/٦۰	۲/٥۲	۲/٤٥	۲/٤۰	۲/۳٥	۲/۲۳

جدول ۲ ـ مقادیر بحرانی F در ۰/۰۵ /(پنج درصد) احتمال

درجه آزادی S کوچکتر	درجه آزادی S بزرگتر											
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۲
۲۱	٤/۳۲	۳/٤۷	۳/۰۷	۲/۳٤	۲/۸۸	۲/٥۷	۲/٤۹	۲/٤۲	۲/۳۷	۲/۳۲	۲/۲٥
۲۲	٤/۳۰	۳/٤۱	۳/۰٥	۲/۸۲	۲/٦٦	۲/٥٥	۲/٤۷	۲/٤۰	۲/۳٥	۲/۳۰	۲/۲۳
۲۳	٤/۲۸	۳/٤۲	۳/۰۲	۲/۸۰	۲/٦٤	۲/٥۳	۲/٤٥	۲/۳۸	۲/۳۲	۲/۲۸	۲/۲۰
۲٤	٤/۲٦	۳/۱۰	۳/۰۱	۲/۷۸	۲/٦۲	۲/٥۱	۲/٤۳	۲/۳٦	۲/۳۰	۲/۲٦	۲/۱۸
۲٥	٤/۲٤	۳/۳۸	۲/۹۹	۲/۷٦	۲/٦۰	۲/٤۹	۲/٤۱	۲/۳٤	۲/۲۸	۲/۲٤	۲/۱٦
۲٦	٤/۲۲	۳/۳۷	۲/۹۸	۲/۷٤	۲/٥	۲/٤۷	۲/۳۹	۲/۳۲	۲/۲۷	۲/۲۲	۲/۱٥
۲۷	٤/۲۱	۳/۳٥	۲/٦۹	۲/۷۸	۲/٥۷	۲/٤٦	۲/۳۷	۲/۳۰	۲/۲٥	۲/۲۰	۲/۱۳
۲۸	٤/۲۰	۳/۳٤	۲/۹٥	۲/۷۱	۲/٥٦	۲/٤٤	۲/۳٦	۲/۲۹	۲/۲٤	۲/۱۹	۲/۱۲
۲۹	٤/۱۳	۳/۳۳	۲/۹۳	۲/۷۰	۲/٥٤	۲/٤۳	۲/۳٥	۲/۲۸	۲/۲۲	۲/۱۸	۲/۱۰
۳۰	٤/۱۷	۳/۳۲	۲/۹۲	۲/٥۹	۲/٥۳	۲/٤۲	۲/۰٤	۲/۲۷	۲/۲۱	۲/۱٦	۲/۰۹
٤۰	٤/۰۸	۳/۲۳	۳/۳٤	۲/٥۱	۲/٤٥	۲/۳٤	۲/۲٥	۲/۱۳	۲/۱۲	۲/۰۷	۲/۰۰
٥۰	٤/۰۳	۳/۱۳	۳/۷۹	۲/۳٦	۲/٤۰	۲/۲۳	۲/۲۰	۲/۱۳	۲/۰۷	۲/۰۲	۱/۹۳
٦۰	٤/٦۰	۳/۱٥	۲/۷٥	۲/٥۳	۲/۳۷	۲/۲۳	۲/۱۷	۲/۱۰	۲/۰٤	۱/۹۹	۱/۲۳
۱۲۰	٤/۹۲	۳/۰۷	۲/٥۸	۲/۳٥	۲/۲۰	۲/۱۳	۲/۰۹	۲/۰۲	۱/۹٦	۱/۹۱	۱/۸۸
۰	۳/۳٤	۲/۰۹	۳/۳۰	۲/۳۷	۲/۳۱	۲/۲۹	۲/۰۱	۱/۹٤	۱/۸۳	۱/۳۳	۱/۷۳

جدول ۳ـ مقادیر بحرانی F در ۰/۰۱ /(یک درصد) احتمال

D.F مخرج	صورت D.F.										
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۲
۱	٤۰٥۲	٤۹۹۹	٥٤۰۳	٥٦۲٥	٥۷٦٤	٥۸٥۹	٥۹۲۸	٥۹۸۱	٦۰۲۲	٦۰٥۸	٦۱۰٦
۲	۹۸/٤۹	۹۹/۰۰	۹۹/۱۷	۹۹/۲٥	۹۹/۳۰	۹۹/۳۳	۹۹/۳٤	۹۹/۳٦	۹۹/۳۸	۹۹/٤۰	۹۹/٤۲
۳	۳٤/۱۲	۳۰/۸۱	۲۹٤٦	۲۸/۷۱	۲۸/۲٤	۲۷/۹۱	۲۷/٦۷	۲۷/٤۹	۳۷/۳٤	۲۷/۲۳	۲۷/۰٥
٤	۲۱/۲۰	۱۸/۰۰	۱٦/٦۹	۱٥/۹۸	۱٥/٥۲	۱٥/۲۱	۱٤/۹۸	۱٤/۸۰	۱٤/٦٦	۱٤/٥٤	۱٤/۳۷
٥	۱٦/۲٦	۱۳/۲۷	۱۲/۰٦	۱۱/۳۹	۱۰/۹۷	۱۰/٦۷	۱۰/٤٥	۱۰/۲۹	۱۰/۱٥	۱۰/۰٥	۹/۸۹
٦	۱۳/۷٤	۱۰/۹۲	۹/۷۸	۹/۱٥	۸/۷٥	۸/٤۷	۸/۲٦	۸/۱۰	۷/۹۸	۷/۸۷	۷/۷۲
۷	۱۲/۲٥	۹/٥٥	۸/٤٥	۷/۸٥	۷/٤٦	۷/۱۹	۷/۰۰	٦/۸٤	٦/۷۱	٦/٦۲	٦/٤۷
۸	۱۱/۲٦	۸/٦٥	۷/٥۹	۷/۰۱	٦/٦۳	٦/۳۷	٦/۱۹	٦/۰۳	٥/۹۱	٥/۸۲	٥/٦۷
۹	۱۰/٥٦	۸/۰۲	٦/۹۹	٦/٤۲	٦/۰٦	٥/۸۰	٥/٦۲	٥/٤۷	٥/۳٥	٥/۲٦	٥/۱۱
۱۰	۱۰/۰٤	۷/٥٦	٦/٥٥	٥/۹۹	٥/٦٤	٥/۳۹	٥/۲۱	٥/۰٦	٤/۹٥	٤/۸٥	٤/۷۱
۱۱	۹/٦٥	۷/۲۰	٦/۲۲	٥/٦۷	٥/۳۲	٥/۰۷	٤/۸۸	٤/۷٤	٤/٦۳	٤/٥٤	٤/٤۰
۱۲	۹/۳۳	٦/۹۳	٥/۹٥	٥/٤۱	٥/۰٦	٤/۸۲	٤/٦٥	٤/٥۰	٤/۳۹	٤/۳۰	٤/۱٦
۱۳	۹/۰۷	٦/۷۰	٥/۷٤	٥/۲۰	٤/۸٦	٤/٦۲	٤/٤٤	٤/۳۰	٤/۱۹	٤/۱۰	۳/۹٦
۱٤	۸/۸٦	٦/٥۱	٥/٥٦	٥/۰٦	٤/٦۹	٤/٤٦	٤/۲۸	٤/۱٤	٤/۰۳	۳/۹٤	۳/۸۰
۱٥	۸/٦۸	٦/۳٦	٥/٤۲	٤/۸۹	٤/٥٦	٤/۳۲	٤/۱٤	٤/۰۰	۳/۳۹	۳/۸۰	۳/٦۷
۱٦	۸/٥۳	٦/۲۳	٥/۲۹	٤/۷۷	٤/٤٤	٤/۲۰	٤/۰۳	۳/۸۹	۳/۷۸	۳/٦۹	۳/٥٥
۱۷	۸/٤۰	٦/۱۱	٥/۱۸	٤/٦۷	۳/۳٤	٤/۱۰	۳/۹۳	۳/۷۹	۳/٦۸	۳/٥۹	۳/٤٥
۱۸	۸/۲۸	٦/۰۱	٥/۰۹	٤/٥۸	٤/۲٥	٤/۰۱	۳/۸٥	۳/۷۱	۳/٦۰	۳/٥۱	۳/۳۷
۱۹	۸/۱۸	٥/۹۳	٥/۰۱	٤/٥۰	٤/۱۷	۳/۹٤	۳/۷۷	۳/٦۳	۳/٥۲	۳/٤۳	۳/۳۰
۲۰	۸/۱۰	٥/۸٥	٤/۹٤	٤/٤۳	٤/۱۰	۳/۸۷	۲/۷۱	۳/٥٦	۳/٤٥	۳/۳۷	۳/۲۳

جدول ۳ـ مقادیر بحرانی F در ۰/۰۱ /(یک درصد) احتمال

D.F مخرج	صورت D.F.										
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۲
۲۱	۸/۰۲	٥/۷۸	٤/۸۷	٤/۳۷	٤/۰٤	۳/۸۱	۳/٦٥	۳/٥۱	۳/٤۰	۳/۳۱	۳/۱۷
۲۲	۷/۹٤	٥/۷۲	٤/۸۲	٤/۸۲	۳/۹۹	۳/۷٦	۳/٥۹	۳/٤٥	۳/۳٥	۳/۲٦	۳/۱۲
۲۳	۷/۸۸	٥/٦٦	٤/۷٦	٤/۲٦	۳/۹٤	۳/۷۱	۳/٥٤	۳/٤۱	۳/۳۰	۳/۲۱	۳/۰۳
۲٤	۷/۸۲	٥/٦۱	٤/۷۲	٤/۲۲	۳/۹۰	۳/٦۷	۳/٥۰	۳/۳٦	۳/۲٥	۳/۱۷	۳/۰۳
۲٥	۷/۷۷	٥/٥۷	٤/٦۸	٤/۱۸	۳/۸٦	۳/٦۳	۳/٤٦	۳/۳۲	۳/۲۱	۳/۱۳	۲/۹۹
۲٦	۷/۷۲	٥/٥۳	٤/٦٤	٤/۱٤	۳/۸۲	۳/٥۹	۳/٤۲	۳/۲۹	۳/۱۷	۳/۰۹	۲/۹٦
۲۷	۷/٦۸	٥/٤۹	٤/٦۰	٤/۱۱	۳/۷۸	۳/٥٦	۳/۳۹	۳/۲٦	۳/۱٤	۳/۰٦	۲/۹۳
۲۸	۷/٦٤	٥/٤٥	٤/٥۷	٤/۰۷	۳/۷٥	۳/٥۳	۳/۳٦	۳/۲۳	۳/۱۱	۳/۰۳	۲/۹۰
۲۹	۷/٦۰	٥/٤۲	٤/٥٤	٤/۰٤	۳/۷۳	۳/٥۰	۳/۳۳	۳/۲۰	۳/۰۸	۳/۰۰	۲/۸۷
۳۰	۷/٥٦	٥/۳۹	٤/٥۱	٤/۰۲	۳/۷۰	۳/٤۷	۳/۳۰	۳/۱۷	۳/۰٦	۲/۹۸	۲/۸٤
٤۰	۷/۳۱	٥/۱۸	٤/۳۱	۳/۹۳	۳/٥۱	۲/۲۹	۳/۱۲	۲/۹۹	۲/۸۸	۲/۸۰	۲/٦٦
٥۰	۷/۱۷	٥/۰٦	٤/۲۰	۳/۷۲	۳/٤۱	۳/۱۸	۳/۰۲	۲/۸۸	۲/۷۸	۲/۷۰	۲/٥٦
٦۰	۷/۰۸	٤/۹۸	٤/۱۳	۳/٦٥	۳/۳٤	۳/۱۲	۲/۹٥	۲/۸۲	۲/۷۲	۲/٦۳	۲/٥۰
۱۲۰	٦/۸٥	٤/۷۹	۳/۹٥	۳/٤۸	۳/۱۷	۲/۹٥	۲/۷۹	۲/٦٦	۲/٥٦	۲/٤۷	۲/۳٤
۰	٦/٦٤	٤/٦۰	۳/۷۸	۳/۲۲	۳/۰۲	۲/۳۰	۲/٦٤	۲/٥۱	۲/٤۱	۲/۳۲	۲/۱۸

مثال

- نتایج برای دو گروه آزمایشگر در توزین مقدار معینی ماده با ۵ بار تکرار

گروه 1	21.1 gr	21.1	19.9	21.0	19.9	Xm=20.60
گروه 2	21.3 gr	21.3	21.4	21.3	21.4	Xm=21.34

$$S_1^2 = \frac{1}{4}\sum (x_i - 20.60)^2 = 0.64$$

$$S_2^2 = \frac{1}{4}\sum (x_i - 21.34)^2 = 0.22$$

$$\Rightarrow F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 2.91$$

$$\Rightarrow \; for \; p(95\%)_{5-1} =$$

$$(ref.\, to \; table \;\; F \;\; Test) = 6.39$$

$$(F \prec k)$$

مقدار F محاسبه شده کوچک تر از مقدارF استخراج شده از جدول مربوطه میباشد ، در نتیجه اختلاف معنی داری بین دو گروه وجود ندارد.

مقایسه درستی دو گروه آزمایش
T-Test

- از این روش میتوان در موارد زیر استفاده کرد:

۱-مقایسه مقدار میانگین یک نمونه با یک مقدار مشخص

۲-مقایسه میانگین های دو نمونه مستقل

۳-مقایسه میانگین های نمونه های جفتی

مقایسه میانگین های دو نمونه مستقل

- برای اینکه معلوم شود آیا تفاوت مهم و معنی داری بین میانگین دو گروه وجود دارد یا خیر ، مقدار **t** باید به طریق ذیل محاسبه شود:

$$t = \frac{\left|\overline{x_1} - \overline{x_2}\right|}{s} \sqrt{\frac{n_1 . n_2}{n_1 + n_2}} \quad \&$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum d_1^2 + \sum d_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$\sum d_i^2 = \sum (x_1 - \bar{x})^2 \; For \;\; group1$$

فرمول مشابه

$$t = \frac{(\overline{x_A} - \overline{x_B})}{\sqrt{\left[\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right] \times \left[\frac{S_A^2(n_A - 1) + S_B^2(n_B - 1)}{(n_A + n_B - 2)}\right]}}$$

- در معادله فوق $\overline{X_1}, \overline{X_2}$ میانگین نتایج گروههای ۱ و ۲ و n2,n1 تعداد نمونه های هر یک از گروهها می باشد.
- اگر مقدار t محاسبه شده از t جدول برای درجه آزادی n1+n2-2 کمتر شد تفاوت معناداری بین دو میانگین وجود ندارد.
- اگر n1=n2 پس

$$t = \frac{\left|\overline{x_1} - \overline{x_2}\right|}{s}\sqrt{\frac{n}{2}}$$

مثال

- برای تصمیم گیری در مورد پذیرش یک آزمایشگر تازه کار در یک آزمایشگاه یک نمونه برای اندازه گیری کمیت x به این آزمایشگر و یک آزمایشگر ماهر با دستورکار یکسان و معرف ها و ابزار و دستگاههای یکسان می دهند. داده های زیر بدست آمده است :
- 1= (1.38, 1.33, 1.36, 1.35, 1.30)%
- 2= (1.28, 1.38, 1.33, 1.40, 1.31)%

1- مقایسه دقت ها

$$S1 = 0.030, S2 = 0.046$$

$$f = \frac{S2^2}{S1^2} = \frac{0.046^2}{0.030^2} = 3.35 < 6.39 \, of \; table$$

پس با احتمال ۵٪ (۹۵٪ اطمینان) تفاوت دقت دو گروه قابل قبول است.

2- برای محاسبه t چون تعداد آزمایش برای هر دو گروه مساوی است داریم:

$$t = \frac{\left|\overline{x1} - \overline{x2}\right|}{s}\sqrt{\frac{n}{2}}$$

$$S_1^2 = 0.030^2 = \frac{\sum d_1^2}{5-1} \Rightarrow \sum d_1^2 = 0.0036$$

$$S_2^2 = 0.046^2 = \frac{\sum d_2^2}{5-1} \Rightarrow \sum d_2^2 = 0.0085$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum d_1^2 + \sum d_2^2}{n1 + n2 - 2}} = \sqrt{\frac{0.0036 + 0.0085}{5 + 5 - 2}} = 0.0389$$

$$t = \frac{\left|\overline{x1} - \overline{x2}\right|}{S}\sqrt{\frac{n}{2}} = \frac{\left|1.344 - 1.340\right|}{0.0389}\sqrt{\frac{5}{2}} = 0.162$$

- مقدار t از جدول اسلاید بعد برای درجه آزادی8 و سطح اطمینان ۹۵٪ برابر 2.806 است وچون 0.162<2.806 پس با احتمال ۹۵٪ تفاوت میانگین ها مهم نیست و خطای معینی وجود ندارد

د رجه آزادی n-1	میزان اطمینان		
	%90	%95	%99
1	6.314	12.70	63.65
2	2.020	4.303	9.925
3	2.353	3.182	5.841
4	2.132	2.776	4.604
5	2.015	2.571	4.032
6	1.943	2.447	3.707
7	1.895	2.365	3.499
8	1.860	2.806	3.355
9	1.833	2.262	3.250
10	1.812	2.228	3.169
11	1.960	2.201	3.106
12	1.782	2.179	3.055
13			

جدول ٤ــ مقادیر بحرانی t

درجه آزادی (n-۱)	میزان احتمال ٪							
	۵۰	٤۰	۳۰	۲۰	۱۰	۵	۱
۱	۱/۰۰۰	۱/۳۷٦	۱/۹٦۳	۳/۰۷۳	٦/۳۱٤	۱۲/۷۰٦	٦۳/٦۵۷
۲	۰/۸۱٦	۱/۰٦۱	۱/۳۸٦	۱/۸۸٦	۲/۰۲۰	٤/۳۰۳	۹/۹۲۵
۳	۰/۷٦۵	۰/۹۷۸	۱/۲۲۰	۱/٦۳۸	۲/۳۵۳	۳/۱۸۲	۵/۸٤۱
٤	۳/۷٤۱	۰/۹٤۱	۱/۱۹۰	۱/۵۳۳	۲/۱۳۲	۲/۷۷٦	٤/٦۰٤
۵	۰/۷۲۷	۰/۹۲۰	۱/۱۵٦	۱/۷٦۷	۲/۰۱۵	۲/۵۷۱	٤/۰۳۲
٦	۰/۷۱۳	۱/۹۰٦	۱/۱۳٤	۱/٤٤۰	۱/۹٤۳	۲/٤٤۷	۳/۷۰۷
۷	۰/۷۱۱	۰/۸۹٦	۱/۱۱۹	۱/٦۱٦	۱/۸۹۵	۲/۳٦۵	۳/٤۹۹
۸	۰/۸۰٦	۰/۸۹۹	۱/۱۰۸	۱/۳۹۷	۱/۸٦۰	۲/۸۰٦	۳/۳۵۵
۹	۰/۷۰۳	۰/۸۸۳	۱/۱۰۰	۱/۳۸۳	۱/۸۳۳	۲/۲٦۲	۳/۲۵۰
۱۰	۰/۷۰۰	۰/۸۷۹	۱/۰۹۳	۱/۳۷۲	۱/۸۱۲	۲/۲۲۸	۳/۱٦۹
۱۱	۰/٦۹۷	۰/۸۷٦	۱/۰۸۸	۱/۳٦۳	۱/۹٦	۲/۲۰۱	۳/۱۰٦
۱۲	۰/٦۹۵	۰/۸۷۳	۱/۰۸۳	۱/۳۵٦	۱/۷۸۲	۲/۱۷۹	۳/۰۵۵
۱۳	۰/٦۹٤	۰/۸۷۰	۱/۰۷۹	۱/۳۵۰	۱/۷۷۱	۲/۱٦۰	۳/۰۱۲
۱٤	۰/٦۹۲	۰/۸٦۸	۱/۰۷٦	۱/۳٤۵	۱/۷٦۱	۲/۱٤۵	۲/۹۷۷
۱۵	۰/٦۹۱	۰/۸٦٦	۱/۰۷٤	۱/۳۷۱	۱/۷۵۳	۲/۱۳۱	۲/۹٤۷
۱٦	۰/٦۹۰	۰/۸٦۵	۱/۰۷۱	۱/۳۳۷	۱/۷٤٦	۲/۱۲۰	۲/۹۲۱
۱۷	۰/٦۸۹	۰/۸٦۳	۱/۰٦۹	۱/۳۳۳	۱/۷٤۰	۲/۱۱۰	۲/۸۹۸
۱۸	۰/٦۸۸	۰/۸٦۲	۱/۰٦۷	۱/۳۳۰	۱/۷۳٤	۲/۱۰۱	۲/۸۷۸
۱۹	۰/٦۸۸	۰/۸٦۱	۱/۰٦٦	۱/۳۲۸	۱/۷۹۲	۲/۰۹۳	۲/۸٦۱
۲۰	۰/٦۸۷	۰/۸٦۰	۱/۰٦٤	۱/۳۲۵	۱/۷۲۵	۲/۰۸٦	۲/۸۰۵

جدول ٤ـ مقادیر بحرانی t

درجه آزادی (n-۱)	میزان احتمال ٪							
	۵۰	٤۰	۳۰	۲۰	۱۰	۵	۱
۲۱	۰/٦۸٦	۰/۸۵۹	۱/۰٦۳	۱/۳۲۳	۱/۷۲۱	۲/۰۸۰	۲/۸۳۱
۲۲	۰/٦۸٦	۰/۸۵۳	۱/۰٦۱	۱/۳۲۱	۱/۷۱۷	۲/۰۷٤	۲/۸۱۹
۲۳	۰/٦۵۵	۰/۸۵۸	۱/۰٦۰	۱/۳۱۹	۱/۷۱۷	۲/۰٦۹	۲/۸۰۷
۲٤	۰/٦۸۵	۰/۸۵۷	۱/۰۵۹	۱/۳۱۸	۱/۷۱۷	۲/۰٦٤	۲/۷۹۷
۲۵	۰/٦۸٤	۰/۸۵٦	۱/۰۵۳	۱/۳۱٦	۱/۷۰۸	۲/۰٦۰	۲/۷۳۷
۲٦	۰/٦۸٤	۰/۸۵٦	۱/۰۵۸	۱/۳۱۵	۱/۷۰٦	۲/۰۵٦	۲/۷۷۹
۲۷	۰/٦۸٤	۰/۸۵۵	۱/۰۵۹	۱/۳۱٤	۱/۷۰۳	۲/۰۵۹	۲/۷۷۱
۲۸	۰/٦۸۳	۰/۸۵۵	۱/۰۵٦	۱/۳۱۳	۱/۷۰۱	۲/۰٤۸	۲/۷٦۳
۲۹	۰/٦۸۳	۰/۸۵٤	۱/۰۵۵	۱/۳۱۳	۱/٦۹۹	۲/۰٤۵	۲/۷۵٦
۳۰	۰/٦۸۳	۰/۸۵٤	۱/۰۵۵	۱/۳۱۰	۱/٦۹۷	۲/۰٤۲	۲/۷۵۰
٤۰	۰/٦۸۱	۰/۸۵۱	۱/۰۵۰	۱/۳۰۳	۱/٦۸٤	۲/۰۲۱	۲/۷۰٤
۵۰	۰/٦۸۰	۰/۸٤۹	۱/۰٤۸	۱/۲۹۹	۱/٦۷٦	۲/۰۰۸	۲/٦۷۸
٦۰	۰/٦۷۹	۰/۸٤۸	۱/۰٤٦	۱/۲۹٦	۱/٦۷۱	۲/۰۰۰	۲/٦٦۰
۱۲۰	۰/٦۷۷	۰/۸٤۵	۱/۰٤۱	۱/۲۸۹	۱/٦۵۸	۱/۹۸۰	۲/٦۱۷
∞	۰/٦۷٤	۰/۸٤۲	۱/۰۳٦	۱/۲۸۲	۱/۸٤۵	۱/۹٦۰	۲/۵۷٦

مقایسه مقدار میانگین یک نمونه با یک مقدار مشخص (مقدار حقیقی μ)

- یک روش معمول برای ارزیابی صحت دستور کارها ، آزمایشگر یا دستگاه آزمایش تعیین مقدار خطا برای پاسخ نمونه هایی است که نتایج آزمایش معلوم است ، نظیر نمونه های استاندارد .
- برای این منظور t را از رابطه محاسبه می نماییم.

$$t = \frac{(\overline{X} - \mu)}{S}\sqrt{n}$$

- اگر t محاسبه شده از این رابطه از مقدار t جدول برای درجه آزادی n-1 کمتر شد،تفاوت میانگین از مقدار حقیقی خیلی مهم نیست .
- یعنی خطای معین در پاسخ وجود ندارد.

مثال ۱

یک روش جدید برای تجزیه یک نمونه آلیاژ کادمیم که 38.9 در صد کادمیم دارد به کار رفته و سه پاسخ زیر حاصل شده است. آیا خطای معینی با احتمال ۹۵٪ وجود دارد؟

(38.9, 37.4, 37.1)%

$$\bar{x} = 37.8 \ , \quad S = 0.964$$

$$t = \frac{37.8 - 38.9}{0.964} \times \sqrt{3} = 1.98$$

مقدار t از جدول برای درجه آزادی 3-1=2 برابر 4.303 می باشد

1.98<4.303 پس نتیجه ها عاری از خطای معنادار است

مثال ۲

- برای یک آزمون ولتمتر با مقاومت استاندارد با ۵ بارتکرار ، موارد زیر بدست آمده است:

استاندارد	5.00 Ω	5.00 Ω	5.00 Ω	5.00 Ω	5.00 Ω
خوانده شده	5.0 Ω	5.1 Ω	5.0 Ω	5.1 Ω	5.0 Ω

$$\bar{x} = \frac{5.0+5.1+5.0+5.1+5.0}{5} = 5.04\Omega$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{4}(xi-5.04)^2} = 0.055 \Rightarrow t = \frac{(5.04-5.00)}{0.055}\sqrt{5} = 1.6$$

$$Veff\ (5-1)_{95\%} = reffer\ \ to\ table = 2.776 \qquad \Rightarrow \rightarrow 1.6 \prec 2.776$$

کارگاه

مقایسه میانگین های نمونه های جفتی

- این تحلیل بیشتر برای مقایسه درستی دو دستگاه یا دو روش بکار میرود . معمولا یکی از روش ها استاندارد و دیگری یک روش جدید است که میخواهیم آنرا صحه گذاری کنیم.
- نتایج آزمایش را یکبار با روش استاندارد و بار دیگر با روش جدید بدست می آوریم و مقدار t را برای نتیجه دو تایی حاصل در یک میزان احتمال معین محاسبه وبا مقدار جدول مقایسه مینماییم.

- اگر t محاسبه شده از t جدول کمتر شد تفاوت معنی داری بین پاسخ های حاصل از دو روش وجود ندارد و روش جدید تایید میگردد

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$$

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d}\sqrt{n}$$

- d_i تفاوت هر نتیجه دو تایی با در نظر گرفتن علامت و$\overline{d}$ معدل تفاوت داده های دو تایی میباشد. n تعداد آزمایشهای دو تایی و S_d انحراف معیار تفاوتهای نتایج میباشد.

مثال

- نه نمونه مختلف توسط دو روش مختلف یکی استاندارد و روش دیگر آز مایش شده اند آیا تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ بین نتایج دو تایی وجود دارد.

شماره نمونه	روش استاندارد	روش جدید	di
1	75	70	+5
2	100	103	-3
3	82	83	-1
4	85	83	+2
5	78	77	+1
6	80	83	-3
7	90	88	+2
8	84	86	-2
9	95	94	+1

$\bar{d} = 0.22$ $S_d = 2.68$ $t = 0.246$

مقدار بحرانی t از جدول برای سطح اطمینان 95% و درجه آزادی 8 برابر 2.806 و چون t=0.246 کمتر از این مقدار است پس تفاوت معنی داری وجود ندارد.

کارگاه

z-score

- **Norm IQR : دامنه میان چالاکی به معنای مقیاسی است برای تغییر پذیری نتایج است . معادل است با دامنه میان چالاکی ضرب در ضریب 0.7413 که آن را قابل مقایسه با انحراف استاندارد می نماید .**
- **دامنه میان چالاکی اختلاف بین چارک مقادیر پایین و بالایی بدست آمده از آزمایش است.چارک پایینی (Q1) داده ای است که تاحد ممکن زیر یک چهارم نتایج قرار دارد . مشابه آن چارک بالایی (Q3) مقدار بالایی که یک چهارم نتایج در آن قرار گرفته اند. در بیشتر حالات Q1 و Q3 بوسیله درون یابی از داده ها بدست می آیند .**
- **IQR = Q3–Q1 و normalized IQR = IQR×0.7413**

- **robust statistics (روبوست آماری):**
- **فعالیت آماری است که تاثیر نتایج خارج از محدوده (غیر قابل قبول) را کمینه می نماید، برای مثال میانه یک Robust است بر خلاف میانگین (mean) که تحت تاثیر نتایج خارج از محدوده (غیر قابل قبول) می باشد**
- **Robust CV : ضریب تغییرات است (که اجازه می دهد تغییرپذیری در اختلاف نمونه ها / آزمون ها با هم مقایسه شوند و مساوی است با "دامنه میان چالاکی" بخش بر "میانه" که بر حسب درصد بیان می شود .**
- **robust CV = 100 ×(normalized IQR ÷ median)**

z-score : روش معمـول بـرای نشـان دادن نتـایج در یـک دورآزمون مهارت (PT) ، در واقع تبدیل نتایج اندازه گیری هر آزمایشگاه به امتیاز آزمایشگاه در مقایسه با سایر آزمایشـگاه ها است .

$$z - score = \frac{result - median}{normalised\ IQR}$$

تفسیر نتایج z-score

تفسیر نتایج آزمون مهارت پس از محاسبه شاخص z-score و با توجه به مقدار آن به صورت زیر تحلیل میشود :

$$|Z| \le 1 \Rightarrow EXILENT$$

$$1 \le |Z| \le 2 \Rightarrow GOOD$$

$$2 \le |Z| \le 3 \Rightarrow CONDITIONAL$$

$$Z \ge 3 \Rightarrow REJECT$$

یک مثال واقعی در مورد

Z-SCORE

مقایسات بین آزمایشگاهی

- در صورتی که آزمایشگاهی در آزمون مهارت شرکت نماید، نتایج آزمایشگاهها با هم مقایسه شده و در معادله زیر گذاشته می شود:

$$En = \frac{\left|X_{lab} - X_{ref}\right|}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

$$If \;\; 0 \le En \prec 1 \quad \Rightarrow Acceptable$$

$$If \;\; En \succ 1 \;\; \Rightarrow \qquad Un - Acceptable$$

- لازم به ذکر است که در آزمون مهارت در قالب مقایسات بین آزمایشگاهی ، سازمان برگزار کننده این آزمون ، از مقدار ref. و عدم قطعیت آن آگاهی دارد و در این فرمول از آنها استفاده می نماید.

کارگاه

تحلیل تفاوت یاآنالیز واریانس
Analysis of Variance (ANOVA)

آنالیز واریانس برای بررسی تفاوت‌ها در نتیجه چند گروه که از یک دستور کار واز یک فرآیند حاصل شده‌اند به کار می‌رود.

۱- مقایسه دقت چند گروه نتیجه تکراری برای یک نمونه

این مقایسه برای پی بردن این موضوع است که آیا یک روش آزمایش دردست آزمایشگرهای مختلف دارای دقت یکسان است (تعداد آزمایشات و مقادیر نمونه در هر گروه می‌تواندمتفاوت باشد)

K = تعداد گروه‌ها

$\underline{X}$	$\underline{Y}$	$\underline{Z}$	$\bar{\ }$	$\bar{\ }$
X_1	Y_1	Z_1	.	.
X_2	Y_2	Z_2	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
X_n	y_m	Z_P	.	.
$\sum X_i$	$\sum Y_i$	$\sum Z_i$	..	..

$$S_b^2 = \frac{1}{K-1}\left[\frac{(\sum x_i)^2}{n} + \frac{(\sum y_i)^2}{m} + \frac{(\sum z_i)^2}{p} + ... - \frac{T^2}{N}\right]$$

$$T = \sum x_i + \sum y_i + \sum z_i + ... \qquad N = n + m + p + ...$$

$$S_w^2 = \frac{\sum d_x^2 + \sum d_y^2 + \sum d_z^2 + ...}{N - K}$$

d = تفاوت معدل هر گروه از هر یک از پاسخ‌ها می‌باشد

$$F = \frac{S_b^2}{S_w^2} = \frac{\text{variance between groups}}{\text{variance within groups}}$$

S_b^2 واریانس یا تفاوت مربوط به تغییرات بین گروه‌ها و S_w^2 مربوط به واریانس داخل گروه‌ها می‌باشد. درجه آزادی صورت **K-1** و درجه آزادی مخرج کسر **N-K** می‌باشد

مثال

سه گروه داده های آزمایش X و Y و Z توسط سه آزمایشگاه مختلف برای درصد فلز روی Zn در یک نمونه آلیاژ حاصل شده .آیا تفاوت معنی داری با در نظر گرفتن ۹۵٪ احتمال بین دقت هر گروه با دقت بین گروها وجود دارد یا خیر.

X	Y	Z
3.64 3.56 3.54	3.55 3.45 3.40 3.55	3.31 3.64 3.29 3.59 3.47 3.54
$\sum X_i = 10.73$	$\sum Y_i = 13.95$	$\sum Z_i = 20.84$
$(\sum X_i)^2 = 115.13$	$(\sum Y_i)^2 = 194.60$	$(\sum Z_i)^2 = 434.31$
$\overline{X}_i = 3.58$	$\overline{Y}_i = 3.49$	$\overline{Z}_i = 3.47$

حل مثال

$$T = \sum X_i + \sum Y_i + \sum Z_i + = 10.73 + 13.95 + 20.84 = 45.52$$

$$T^2 = (45.52)^2 = 2072.07$$

$$S_b^2 = \frac{1}{3-1}\left[\frac{115.13}{3} + \frac{194.60}{4} + \frac{434.31}{6} - \frac{2072.07}{13}\right] = 0.015$$

$$\sum d_x^2 = (3.64-3.58)^2 + (3.56-3.58)^2 + (3.53-3.58)^2 = 0.0065$$

$$\sum d_y^2 = (3.55-3.49)^2 + (3.45-3.49)^2 + (3.40-3.49)^2 + (3.55-3.49)^2 = 0.0169$$

$$\sum d_z^2 = (3.31-3.47)^2 + (3.64-3.47)^2 + (3.29-3.47)^2 + (3.59-3.47)^2 + (3.47-3.47)^2 + (3.54-3.47)^2 = 0.0731$$

$$S_w^2 = \frac{0.0065 + 0.0169 + 0.0731}{13-3} = 0.0097$$

$$F = \frac{0.015}{0.0097} = 1.55$$

مقدار F از جدول مربوطه برای درجه آزادی صورت کسر 3-1=2 و برای مخرج کسر 13-3=10 برابر 4.10 میباشد و چون 1.55 کمتر از 4.10 میباشد پس با اطمینان ۹۵٪ میتوان گفت اختلاف معنی داری بین دقت گروه ها نمیباشد.

۲-کاربردآنالیز واریانس جهت بررسی تفاوت‌معدل‌های چندین گروه نتیجه مربوط به یک نمونه که توسط آزمایشگرهای مختلف حاصل شده‌اند.

این آنالیز معلوم می‌کند که آیا تفاوت معنی‌داری بین معدل‌های چند گروه نتیجه تکراری که با یک روش آزمایش در یک محل یا مکان‌های مختلف توسط آزمایشگرهای مختلف انجام شده‌اند وجود دارد یا خیر.

k = تعداد گروه‌ها / نتایج	x	Y	Z	T
۱	X_1	Y_1	Z_1	T_1
۲	X_2	Y_2	Z_2	T_2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
n	$\sum_n X$	$\sum_n Y$	$\sum_n Z$	$\sum_n T$
مجموع	$\overline{X}$	$\overline{Y}$	$\overline{Z}$	$\overline{T}$
میانگین				

میانگین معدل گروه‌ها = $M = \frac{\overline{X} + \overline{Y} + \overline{Z} + \bar{t}}{K}$

رابطه محاسبه S_b^2 یعنی واریانس بین میانگین‌ها می‌شود.

$$S_b^2 = \frac{\left(M - \bar{x}\right)^2 + \left(M - \bar{y}\right)^2 + \left(M - \bar{z}\right)^2 + \left(M - \bar{t}\right)^2}{K - 1}$$

داخل میانگین‌ها S_W^2 نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود و مربوط به انحراف داده‌های هر گروه از معدل آنها می‌باشد

$$S_w^2 = \frac{\{(x_1-\bar{x})^2 + (x_2-\bar{x})^2 + \ldots\ldots + (y_1-\bar{y})^2 + (y_2-\bar{y})^2 + \ldots\ldots + (z_1-\bar{z})^2 + \ldots\ldots\}}{K(n-1)}$$

$\phi = k(n-1)$ درجه آزادی مخرج کسر و $\phi = k-1$ درجه آزادی صورت آن است.

$$F = \frac{S_b^2}{S_w^2}$$

مثال

چهار آزمایشگر هر یک مقاومت یک نمونه سیمان را برحسب kg/cm2 پس از ۲۴ ساعت بعد از زمان ساخت و با انتخاب نمونه های یکسان و انجام چهار آزمایش تکراری اندازه گیری نموده و پاسخ ها را مطابق جدول زیر گزارش نموده است . آیا تفاوت بین معدل های این چهار آزمایشگر در ۱٪ احتمال مهم است؟

تعداد گروه ها تعدات آزمایشات	1	2	3	4
1	96	103	111	110
2	104	106	113	118
3	106	105	109	109
4	102	106	111	115
میانگین	102	105	111	113

حل مثال

$$\overline{\overline{M}} = \frac{102+105+111+113}{4} = 107.75$$

$$S_b^2 = \frac{(102-107.75)^2+(105-107.75)^2+(111-107.75)^2+(113-107.75)^2}{3} = 26.25$$

$$nS_b^2 = 4\times 26.25 = 105$$

$$S_w^2 = \frac{(6^2+2^2+4^2+0^2+2^2+1^2+0^2+1^2+0^2+2^2+8^2+0^2+3^2+5^2+4^2+2^2)}{4\times 3} = 15.33$$

$$F = \frac{nS_b^2}{S_w^2} = \frac{105}{15.33} = 6.85$$

مقدار F برای درجه آزادی 3 و 12 برابر است با 5.95 و چون این مقدار کوچکتر از مقدار محاسبه میباشد پس تفاوت معنی داری بین معدل های سه گروه وجود دارد.

کارگاه

مقایسات بین آزمایشگاهی

مقایسه بین آزمایشگاهی شامل سه مرحله است:

۱-طرح ریزی برنامه

۲-اجرای برنامه

۳-تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده

یک مطالعه آزمایشگاهی میبایست شامل ۳۰ یا تعداد بیشتری آزمایشگاه باشد.
برای بدست آوردن نتیجه مطلوب ،تعداد ازمایشگاه ها نباید کمتر از ۶ باشد.
هر چقدر بیشتر بهتر.

موارد زیر بایستی برای کلیه آزمایشگاه هایی که در برنامه مطالعات بین آزمایشگاهی مشارکت مینمایند مشخص باشد:

۱- تعداد آزمون های مورد نیاز بر روی هر نمونه
۲-روش آزمون مورد استفاده
۳-کالیبراسیون های مورد نیاز
۴-شرایط خاص از قبیل فاصله زمانی میان تکرارها
۵-اقدامات مورد نیاز به منظور جابجایی و نگهداری اقلام و مواد آزمون
۶-تعداد ارقام معنا داری که باید گزارش شوند

Glucose in serum ILS test result data

laboratories	material				
	A	B	C	D	E
1	41.03 41.45 41.37	78.28 78.18 78.49	132.66 133.63 133.10	193.71 193.59 193.85	292.76 294.09 292.89
2	41.17 42.00 41.15	77.78 80.38 79054	132.82 136.90 136.40	190.98 200.14 194.30	292.27 308.40 295.08
3	41.01 40.68 42.66	79.18 79.72 80.81	132.61 135.80 136.36	192.71 193.29 190.26	295.53 290.14 292.34
4	39.37 42.37 42.63	84.08 76.60 81.92	136.50 148.30 135.69	195.85 196.36 199.43	295.19 295.44 296.83
5	41.88 41.19 41.32	78.16 79.58 78.33	131.90 134.14 133.76	192.59 191.44 195.123	295.93 292.48 294.28
6	43.28 40.50 42.28	78.65 79.27 81.75	137.21 135.14 137.50	195.34 195.26 196.13	297.74 298.80 290.33
7	41.08 41.27 39.02	79.76 81.45 77.36	130.97 131.59 134.923	192.66 191.99 187.13	287.28 293.76 299.36
8	43.36 42.65 41.72	90.44 80.60 79.80	135.46 135.14 133.63	197.56 195.99 200.82	298.46 295.28 296.12

عملیات آماری

۱- محاسبه میانگین هر سلول :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$\overline{X_{1A}} = \frac{41.03 + 41.45 + 41.37}{3} = 41.2833$$

۲- محاسبه انحراف معیار استاندارد هر سلول:

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

$$S_{1A} = \sqrt{\frac{(41.03 - 41.2833)^2 + (41.45 - 41.2833)^2 + (41.37 - 41.2833)^2}{3-1}} = 0.2330$$

ادامه عملیات آماری

۳-محاسبه میانگین یک ماده در کلیه آزمایشگاه ها:

$$\overline{\overline{X}}\, j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{X}_{xy}}{p}$$

$$p = the\ number\ of\ laboratories$$

$$\overline{\overline{X}}_A = \frac{41.2833 + 41.4400 + 41.4500 + 41.4567 + 41.4633 + 42.0200 + 40.4567 + 42.5767}{8} = 41.5183$$

٤- محاسبه انحراف هر سلول:

$$d_{1A} = \overline{X}_{1A} - \overline{\overline{X}}_A$$

$$d_{1A} = 41.2833 - 41.5183 = -0.2350$$

٥- انحراف معیار استاندارد برای هر ماده:

$$S_{meanA} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} d_i^2}{p-1}}$$

$$S_{meanA} = \sqrt{\frac{(-0.2350)^2 + (-0.0783)^2 + (-0.0683)^2 + (-0.616)^2 + (-0.0550)^2 + (0.5017)^2 + (-1.0616)^2 + (1.0584)^2}{8-1}}$$

$$S_{meanA} = 0.6061$$

ادامه عملیات آماری

٦-انحراف معیاراستاندارد ، انحراف معیارها

$$S_S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} S^2}{p}}$$

$$S_S = \sqrt{\frac{(0.2230)^2 + (0.4851)^2 + (1.0608)^2 + (1.8118)^2 + (0.3667)^2 + (1.4081)^2 + (1.2478)^2 + (0.8225)^2}{8}}$$

$$S_S = 1.0632$$

٧- انحراف استاندارد تجدید پذیری

$$S_R = \sqrt{\frac{(s_{\bar{x}})^2 + (S_s)^2 (n-1)}{n}}$$

$$S_{RA} = \sqrt{\frac{(0.6061)^2 + (1.0632)^2 (3-1)}{3}} = 1.0588$$

شاخص سازگاری بین آزمایشگاهی (h) :

$$h = \frac{d}{S_{mean}}$$

$$h_{1A} = \frac{-0.2350}{0.6061} = -0.39$$

شاخص سازگاری درون آزمایشگاهی(k) :

$$k = \frac{S_{cell}}{S_S}$$

$$k = \frac{0.2230}{1.0632} = 0.21$$

شاخص های آماری ماده A در مقایسه بین آزمایشگاهی میزان گلوکزدر سرم

laboratories								
	1	2	3	$\overline{X}$	S	d	h	k
1	41.03	41045	41037	41.2833	0.2230	-0.2350	-0.39	0.21
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

مقدار h مربوط به کلیه مواد

laboratories	MATERIAL				
	A	B	C	D	E
1	-0.39	-1.36	-O.73	-0.41	-0.48
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Critical value=2.15

مقدار k مربوط به کلیه مواد

laboratories	MATERIAL				
	A	B	C	D	E
1	**0.21**	**0.11**	**0.22**	**0.02**	**0.18**
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Critical value=2.06

Critical values of h and k at the 0.5 % significant level

Critical value Of h	p	Critical value of k Number of replicates								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.15	3	1.72	1.67	1.61	1.56	1.51	1.49	1.47	1.44	1.42
1.49	4	1.95	1.82	1.73	1.66	1.60	1.56	1.53	1.50	1.47
1.74	5	2.11	1.92	1.79	1.71	1.65	1.60	1.56	1.53	1.50
1.92	6	2022	1.98	1.84	1.75	1.68	1.63	1.59	1.55	1.52
2.05	7	2030	2.03	1.87	1.77	1.70	1.65	1.60	1.57	1.54
2.15	8	2.36	2.06	1.90	1.79	1.72	1.66	1.62	1.58	1.55
1.23	9	2.41	2.09	1.91	1.81	1.73	1.67	1.62	1.59	1.56
2.29	10	2.45	2.11	1.93	1.82	1.74	21.68	1.63	1.59	1.56
2.34	11	2.49	2.13	1.94	1.83	1.75	1.69	1.64	1.60	1.57
2.38	12	2.51	2.14	1.96	1.84	1.76	1.69	1.64	1.60	1.57
2.41	13	2.54	2.15	1.96	1.84	1.76	1.70	1.65	1.61	1.58
2.44	14	2.56	2.16	1.97	1.85	1.77	1.70	1.65	1.61	1.58

Critical values of h and k at the 0.5 % significant level

Critical value Of h	p	Critical value of k Number of replicates								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.47	15	2.57	2.17	1.98	1.86	1.77	1.71	1.66	1.62	1.58
2.56	16	2.59	2.18	1.98	1.86	1.77	1.71	1.66	1.62	1.58
2.51	17	2.60	2.19	1.99	1.86	1.78	1.71	1.66	1.62	1.59
2.53	18	2.61	2.20	2.00	1.87	1.78	1.72	1.66	1.62	1.59
2.54	19	2.62	2.20	2.00	1.87	1.78	1.72	1.67	1.62	1.59
2.56	20	2.63	2.21	2.00	1.87	1.79	1.72	1.67	1.63	1.59
2.57	21	2.64	2.21	2.01	1.88	1.79	1.72	1.67	1.63	1.59
2.58	22	2.65	2.21	2.01	1.88	1.79	1.72	1.67	1.63	1.59
2.59	23	2.66	2.22	2.01	1.88	1.79	1.72	1.67	1.63	1.59
2.60	24	2.66	2.22	2.01	1.88	1.79	1.73	1.67	1.63	1.60
2.61	25	2.67	2.23	2.01	1.88	1.79	1.73	1.67	1.63	1.60
2.62	26	2.67	2.23	2.02	1.88	1.79	1.73	1.67	1.63	1.60

$$X_{1A} = 41.03$$

$$X_{2A} = 41.45$$

$$X_{nA} = 41.37$$

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$\overline{X}_{1A} = \frac{41.03 + 41.45 + 41.37}{3} = 41.2833$$

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

$$S_{1A} = \sqrt{\frac{(41.03 - 41.2833)^2 + (41.45 - 41.2833)^2 + (41.37 - 41.2833)^2}{3-1}} = 0.2330$$

$$\overline{\overline{X}}_A = \frac{\sum_{iA}^{p} \overline{X}_{ij}}{p} = \frac{\overline{X}_{1A} + \overline{X}_{2A} + \qquad\qquad + \overline{X}_{pA}}{p}$$

$$p = \textit{the number of laboratories}$$

$$\overline{\overline{X}}_A = \frac{41.2833 + 41.4400 + 41.4500 + 41.4633 + 42.0200 + 40.4567}{8} = 41.5183$$

$$d_{1A} = \overline{X}_{1A} - \overline{\overline{X}}_{A}$$

$$d_{1A} = 41.2833 - 41.5183 = -0.2350$$

$$S_{\overline{X}A} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} d_i^2}{p-1}}$$

$$S_{\overline{X}A} = \sqrt{\frac{(-0.2350)^2 + (-0.0783)^2 + (-0.0683)^2 + (-0.616)^2 + (-0.0550)^2 + (0.5017)^2 + (-1.0616)^2 + (1.0584)^2}{8-1}}$$

$$S_{\overline{X}A} = 0.6061$$

$$S_{SA} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} S_{iA}^{\ 2}}{p}} = \sqrt{\frac{S_{1A}^2 + S_{2A}^2 + S_{3A}^2 \qquad\qquad + S_p^2}{p}}$$

$$S_{SA} = \sqrt{\frac{(0.2230)^2 + (0.4851)^2 + (1.0608)^2 + (1.8118)^2 + (0.3667)^2 + (1.4081)^2 + (1.2478)^2 + (0.8225)^2}{8}}$$

$$S_{SA} = 1.0632$$

$$s_{RA} = \sqrt{\frac{(s_{\bar{x}A})^2 + (S_{SA})^2 (n-1)}{n}}$$

$$s_{RA} = \sqrt{\frac{(0.6061)^2 + (1.0632)^2 (3-1)}{3}} = 1.0588$$

$$h = \frac{d}{S_{mean}}$$

$$h_{1A} = \frac{-0.2350}{0.6061} = -0.39$$

$$k = \frac{S_{cell}}{S_S}$$

$$k = \frac{0.2230}{1.0632} = 0.21$$

جمع بندی کلی

x_{1-1A} x_{1-1B}

x_{1-2A} x_{1-2B}

x_{1-3A} x_{1-3B}

$$\bar{x}_{1A} = 41.2833$$

$$S_{1A} = O.2230$$

$$d_{1A} = \bar{x}_{1A} - \bar{\bar{x}}_{A} = -o.2350$$

$$h_{1A} = \frac{d_{1A}}{S_{\bar{x}A}} = \frac{-0.2350}{0.6061} = -0.39$$

$$k_{1A} = \frac{S_{1A}}{S_{SA}} = \frac{0.2230}{1.0632} = +0.21$$

$$S_r = S_{SA} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} S_{iA}^2}{p}} = 1.0632$$

$$S_{\bar{x}} = S_{\bar{x}A} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} d_{iA}^2}{p-1}} = o.6061$$

$$S_R = S_{RA} = \sqrt{\frac{(S_{\bar{x}A})^2 + (S_{SA})^2 (n-1)}{n}} = 1.0588$$

یک مثال واقعی در موردسازگاری

درون آزمایشگاهی
و
بین آزمایشگاهی

با آرزوی موفقیت برای همــه شما عزیزان که دراین دوره آموزشــی حضـــور داشتید.