به نام خداوند جان و خرد

دوره آموزشی

عدم قطعیت اندازه‌گیری

(عمومی)

مدرس: آقای مهندس نباغ

تاریخ برگزاری:۱۳۹۵/۰۸/۰۳

1

www.parssehat.com

مفاد دوره

- معنی و مفهوم اندازه‌گیری و عدم قطعیت اندازه‌گیری
- بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری
- تفاوت بین عدم قطعیت اندازه‌گیری و خطا
- اهمیت عدم قطعیت اندازه‌گیری
- عوامل ایجادکننده عدم قطعیت اندازه‌گیری
- انواع عدم قطعیت در اندازه‌گیری
- روش‌ها و مراحل محاسبه عدم قطعیت اندازه‌گیری
- روش‌های کاهش عدم قطعیت اندازه‌گیری

2

www.parssehat.com

اندازه‌گیری چیست؟

مجموعه عملیاتی به منظور تعیین مقدار یک کمیت

3

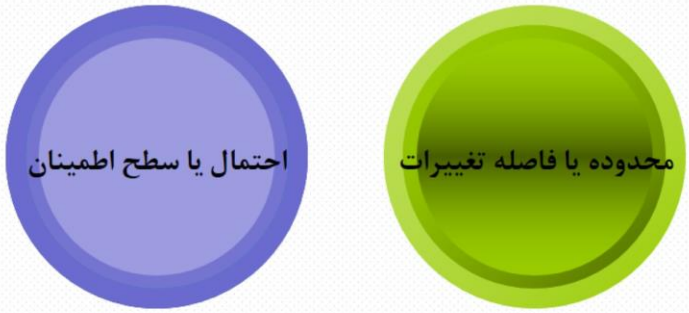
عدم قطعیت اندازه‌گیری چیست؟

بیان کمی اطمینان در مورد نتیجه اندازه‌گیری

پارامتری غیرمنفی که پراکندگی مقادیر کمیت را که براساس اطلاعات مورد استفاده؛ به اندازه ده نسبت داده شده است را مشخص کرده و نشان‌دهنده میزان اطمینانی است که نسبت به نتیجه اندازه‌گیری وجود دارد و معمولاً به صورت یک محدوده بیان می‌شود.

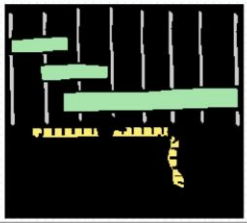
4

بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری



بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری

۱- محدوده یا فاصله تغییرات
(interval)



یعنی: نتیجه اندازه‌گیری از چه مقدار تا چه مقداری تغییر می‌کند؟
(حاشیه تردید چقدر است؟)

بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری

۲- احتمال یا سطح اطمینان

(confidence level)

یعنی: تا چه اندازه اطمینان داریم که مقدار واقعی در بین آن محدوده قرار می‌گیرد؟

(میزان تردید چقدر است؟)

بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری

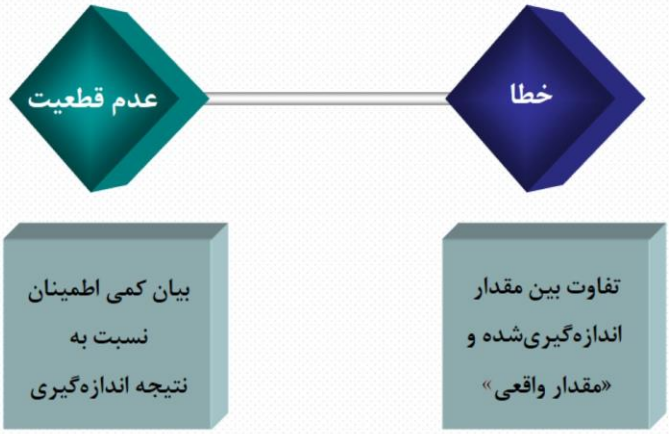
مثال: طول یک قطعه با سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر است با ۲۰ سانتی‌متر به علاوه منهای ۱ سانتی‌متر

به بیان ریاضی:

20 ± 1 cm (با سطح اطمینان ۹۵٪)

یعنی: ۹۵٪ اطمینان داریم که طول این قطعه بین ۱۹ و ۲۱ سانتی‌متر است.

تفاوت بین عدم قطعیت و خطا



9

www.parssehat.com

چرا عدم قطعیت اندازه‌گیری؟

- ✓ انجام اندازه‌گیری‌های درست و اطلاع از نتایج درست اندازه‌گیری‌ها
- ✓ کالیبراسیون: گزارش عدم قطعیت اندازه‌گیری درگواهینامه کالیبراسیون
- ✓ آزمون: نیاز به عدم قطعیت اندازه‌گیری معیاری برای قبولی یا رد
- ✓ رواداری (تولرانس): مشخص کردن عدم قطعیت پیش از تصمیم‌گیری در مورد اینکه آیا رواداری رعایت شده است یا خیر
- ✓ درک گواهینامه کالیبراسیون یا نتیجه مکتوب مربوط به یک آزمون یا اندازه‌گیری

10

www.parssehat.com

دلایل ارزیابی عدم قطعیت در آزمون

- بیان عدم قطعیت، امکان مقایسه واقعی نتایج حاصل از آزمایشگاه‌های مختلف یا در داخل یک آزمایشگاه با یکدیگر یا با مقادیر مرجع ارائه‌شده در مشخصات یا استانداردها را فراهم می‌آورد.
- عدم قطعیت نتیجه آزمون ممکن است از سوی مشتری هنگام تفسیر داده‌ها موردنیاز باشد. مثلاً مقایسه نتایج حاصل از دسته‌های مختلف مواد، در صورتی که تفاوت‌های مشاهده‌شده صرفاً ناشی از عدم قطعیت نتایج باشد، دال بر تفاوت‌های واقعی مربوط به خواص یا کیفیت نخواهد بود.

دلایل ارزیابی عدم قطعیت در آزمون

ارزیابی (یا حداقل شناسایی کامل) مؤلفه‌های عدم قطعیت، از جمله اثرات تصادفی آزمونگرهای انسانی که در تشکیل کل عدم قطعیت اندازه‌گیری یا آزمون، نقش دارند، مشخص می‌کند که آیا روش اجرایی آزمون از جمله مشخصه‌های اندازه‌شناختی تجهیزات مورد استفاده، اندازه‌گیری‌ها و نتایج معتبری را حاصل می‌سازند.

دلایل ارزیابی عدم قطعیت در آزمون

- شناسایی مؤلفه‌های عدم قطعیت همچنین جنبه‌هایی از آزمون را مشخص می‌کند که برای بهبود روش‌های اجرایی باید مورد توجه قرار گیرند.
- ارزیابی منظم عوامل مؤثر بر نتیجه آزمون و عدم قطعیت بر مبنای آگاهی از اصول و روش و تجربه عملی به‌کارگیری آن را می‌توان بخش عمده‌ای از صحه‌گذاری روش آزمون تلقی کرد.

www.parssehat.com

مفاهیم اساسی آماری

۱- میانگین (mean):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

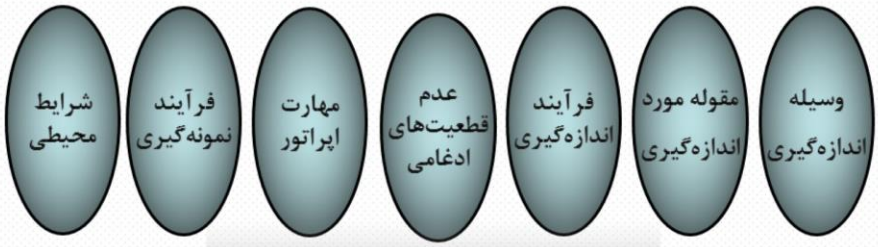
۲- انحراف معیار (standard deviation):

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

x_i = نتیجه اندازه‌گیری i اُم n = تعداد دفعات اندازه‌گیری

www.parssehat.com

عوامل ایجادکننده عدم قطعیت



نحوه انتخاب اندازه‌گیری‌ها از کل فرآیند مورد ارزیابی

مانند ناپایداری (اندازه‌گیری ابعاد یک قطعه یخ مکعبی‌شکل در یک اتاق گرم)

گرایش، ماندگی، فرسایش، خوانایی ضعیف، اغتشاش یا پارازیت و غیره

تشخیص، سرعت واکنش و دقت فرد در اندازه‌گیری

دشواری عمل اندازه‌گیری مانند اندازه‌گیری وزن حیوانات کوچک و ناآرام

www.parssehat.com

منابع عدم قطعیت در آزمون

- تعریف ناکافی آزمون (الزامات به روشنی مشخص نشده‌اند). مثلاً دمای آزمون صرفاً به صورت «دمای متعارفی» تعریف شده است.
- عدم امکان تحقق روش اجرایی آزمون (حتی با اینکه شرایط آزمون به روشنی تعریف شده‌اند، اما امکان برقراری شرایط لازم وجود ندارد).
- نمونه‌گیری (نمونه انتخاب‌شده، نماینده کاملی نیست).
- دانش ناکافی از اثرات شرایط محیطی بر فرآیند اندازه‌گیری یا اندازه‌گیری ناکافی شرایط محیطی.

www.parssehat.com

منابع عدم قطعیت در آزمون

- گرایش فردی در خواندن وسایل اندازه‌گیری آنالوگ
- تفکیک‌پذیری وسیله اندازه‌گیری
- عدم قطعیت مربوط به کالیبراسیون وسیله اندازه‌گیری
- تغییرات مشخصه‌ها یا عملکرد وسیله اندازه‌گیری از زمان آخرین کالیبراسیون
- تغییرات مربوط به مشاهدات تکراری انجام‌شده در شرایط ظاهراً یکسان (مثلاً ناشی از انحرافات شرایط محیطی مانند دما، رطوبت، فشار هوا، تغییرپذیری عملکرد آزمونگر و غیره

خطادر اندازه‌گیری

- تصادفی (random):

در صورتی که با تکرار اندازه‌گیری‌ها، نتایج متفاوتی به صورت تصادفی حاصل شود.

- سیستماتیک (systematic):

در صورتی که عامل ثابتی بر نتایج اندازه‌گیری‌های تکراری، تأثیر یکسانی بگذارد.

- فاحش(Gross Error):
- خطای فاحش که ناشی از بی دقتی یا معیوب بودن تجهیز می باشد.

توابع توزیع

- میانگین یک دسته تکرار، نزدیک ترین مقدار به مقدار واقعی کمیت مورد نظر است که مقادیر حاصل از تکرار در اطراف میانگین پراکنده اند که اصطلاحا گفته می شود مقادیر در اطراف میانگین توزیع شده اند.
- رابطه ریاضی که چگونگی توزیع این مقادیر را در اطراف میانگین مشخص کرده و چگونگی دسته بندی آنها را تعیین میکند، تابع توزیع نام دارد.

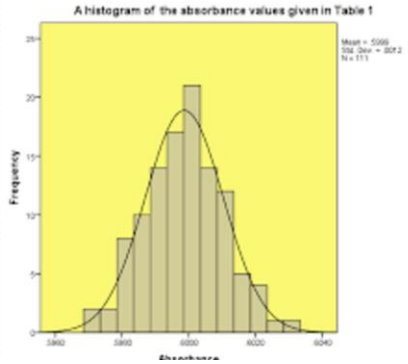
۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

- زمانی که احتمال پیدا کردن یک جواب به گونه ایست که این جواب در فاصله مشخصی از میانگین تکرارهای مستقل قرار داشته و احتمال پیدا کردن در آن فاصله یک عدد معین باشد رفتار نتایج از تابع گوسی یا نرمال تبعیت خواهد کرد.
- عدم تساوی مشاهده های حاصل شده برای یک جواب اگر ناشی از خطاهای تصادفی باشد، می توان توزیع نرمال را بررسی داده ها به کار برد.

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

❖ ضریب تقسیم K

به عبارتی احتمال معینی وجود دارد که تعداد مشخصی از تکرارها در محدوده معینی قرار می گیرند.



www.parssehat.com

21

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

❖ هرگاه مقدار به دست آمده از تکرار برای کمیت X برابر با Xi و میانگین آنها $\tilde{X}$ و انحراف استانداردآنها σ باشد، درصورتی که این اندازه گیری از تکرار آزمایش برای یک کمیت بامقدار معین حاصل شده باشد، شکل ریاضی توزیع حاکم بررفتار هر X از مشاهده های تکرارشده از رابطه زیر بدست می آید:

www.parssehat.com

22

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

❖ هرگاه مقدار به دست آمده از تکرار برای کمیت X برابر با Xi و میانگین آنها $\tilde{X}$ و انحراف استانداردآنها σ باشد، درصورتی که این اندازه گیری از تکرار آزمایش برای یک کمیت بامقدار معین حاصل شده باشد، شکل ریاضی توزیع حاکم بررفتار هر X از مشاهده های تکرارشده از رابطه زیر بدست می آید:

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\tilde{X})^2/2\sigma^2}$$

که در آن:

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

و

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

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

و اگر مقدار n کمتر باشد σ را با S (سمپل آماری) نمایش می دهند و از رابطه زیر به دست می آید:

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

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

واریانس این توزیع از رابطه زیر بدست می آید:

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 f(x) dx$$

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

در این توزیع، احتمال پیداکردن یک جواب در یک محدوده معینی نسبت به میانگین به صورت زیر به دست می آید:

$$f(x) = \int_{\tilde{x}-x}^{\tilde{x}+x} f(x)dx = \int_{\tilde{x}-x}^{\tilde{x}+x} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\bar{X})^2/2\sigma^2} dx$$

با تغییر متغیر:

$$q = \frac{x - \tilde{x}}{\sigma}$$

$$f(x) = \int_{-q}^{+q} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-q^2/2} dq = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{0}^{q} e^{-q^2/2} dq$$

www.parssehat.com

۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

اگر نصف انتگرال را $\mathbf{I}$ در نظر بگیریم داریم:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{0}^{q} e^{-q^2/2} dq$$

اگر نتایج به دست آمده از یک اندازه گیری باتکرارهای مستقل درفاصله یک انحراف استاندارد ($\mathbf{1\sigma}$) از میانگین قرار داشته باشند، حاصل انتگرال برابر ۰/۳۱۱۳۴ خواهد بود که حاصل انتگرال کل معادل ۰/۶۸۲۷ می شود.

www.parssehat.com

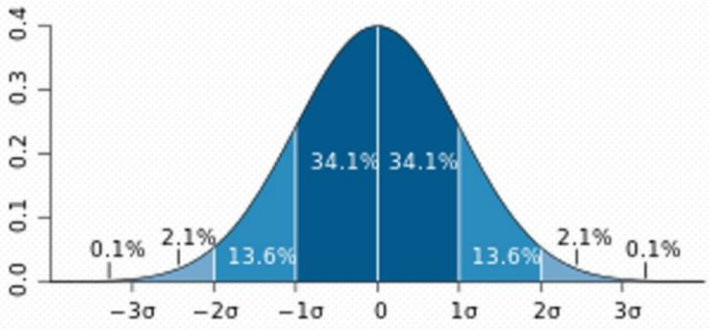
۱- توزیع نرمال یا گوسی(زنگوله)

یعنی به احتمال ٪۶۸/۲۷ نتایج به دست آمده از تکرارهای مستقل در فاصله (±σ) خواهند بود.

به همین ترتیب احتمال ٪۹۵/۴۵ نتایج به دست آمده در فاصله (±۲σ) قرار خواهند گرفت.

www.parssehat.com

نمودار توزیع نرمال



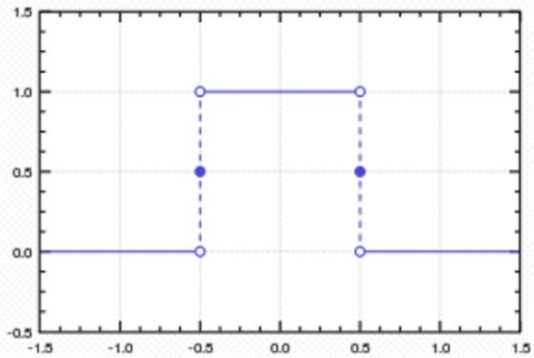
www.parssehat.com

تابع توزیع مستطیل

هرگاه احتمال پیدا کردن یک مقدار بین دو حد معین برابر با احتمال پیدا کردن هر مقدار دیگری برای این کمیت باشد از توزیع مستطیل یا یکنواخت استفاده می شود

ضریب تقسیم $\sqrt{3}$

نمودار توزیع مستطیل یا یکنواخت



نمودار توزیع مستطیل یا یکنواخت

شکل ریاضی تابع $F(x)=C$

با احتمال ۱ وجود جواب در محدوده (-a , +a) خواهد بود و برای مشخص شدن جواب های داخل و خارج محدوده تابع باید نرمالیزه شود و برای این کار از آن انتگرال گرفته می شود.

$$\int_{-a}^{+a} f(x)dx = 1 \gg \int_{-a}^{+a} Cdx = 1 \gg 2Ca = 1$$

$$C = \frac{1}{2a}$$

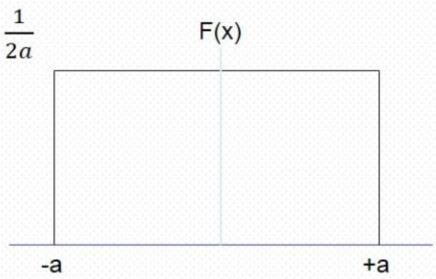
www.parssehat.com

33

نمودار توزیع مستطیل یا یکنواخت

$$>>> f(x) = \frac{1}{2a}$$

شکل ریاضی تابع



www.parssehat.com

34

نمودار توزیع مستطیل یا یکنواخت

واریانس توزیع مستطیل(σ^2) از رابطه زیر به دست می آید:

$$\sigma^2 = \int_{-a}^{+a} x^2 f(x)dx = \int_{-a}^{+a} x^2 \frac{1}{2a} dx = \frac{a^2}{3}$$

$$\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

نمودار توزیع مستطیل یا یکنواخت

باتوجه به حدود محصور سازی این تابع توزیع، درصورتی که اطلاعاتی از نوع توزیع حاکم بر یک مولفه وجود نداشته باشد، بهترین توزیع برای پوشش توزیع نامعلوم، توزیع مستطیل خواهد بود، چراکه این توزیع دارای محصورسازی صد در صد (عدم قطعیت محاسبه شده به احتمال صفر در بیرون این حدود قرارخواهد گرفت) و محدود شده به حدود کمتر (اگر حدود $\pm a$ تمام توزیع را پوشش دهد آنگاه حدود $\pm na$ به مراتب توزیع را بیشتر پوشش خواهد داد ($1 \leq n$)، بنابراین حدودی که برای مولفه های عدم قطعیت فرض می کنیم محدوده کمتری خواهد داشت) خواهد بود .

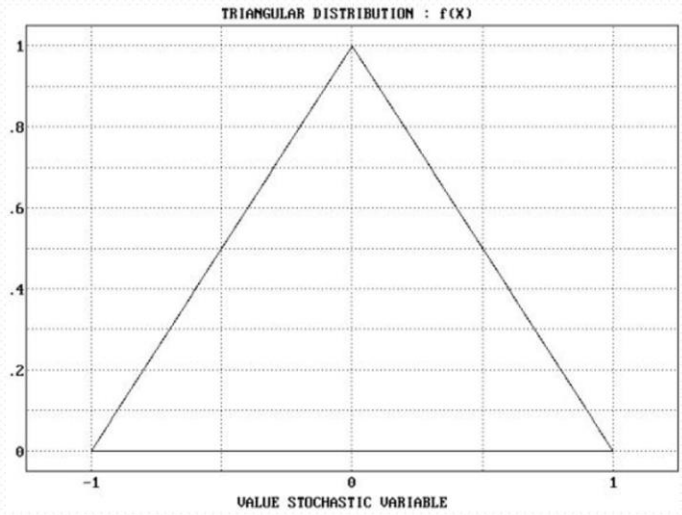
توزیع مثلث

هرگاه احتمال پیدا کردن یک جواب بین دو حد با محصور سازی صد در صد و کمترین حدود بوده و تمایل این مقادیر به مرکز توزیع باشد از توزیع مثلث استفاده می شود.

ضریب تقسیم $\sqrt{6}$

www.parssehat.com

نمودار توزیع مثلث



www.parssehat.com

نمودار توزیع مثلث

شکل ریاضی تابع توزیع مثلث:

$$f(x) = \frac{(a+x)}{a^2} \quad \text{به ازای} \quad -a \le x \le 0$$

$$f(x) = \frac{(a-x)}{a^2} \quad \text{به ازای} \quad 0 \le x \le a$$

نمودار توزیع مثلث

برای واریانس توزیع مثلثی داریم:

$$\sigma^2 = \int x^2 f(x)dx = \int_{-a}^{0} x^2 \frac{(x+a)}{a^2} dx + \int_{0}^{a} x^2 \frac{(a-x)}{a^2} dx$$

$$= \frac{a^2}{6}$$

$$\sigma = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

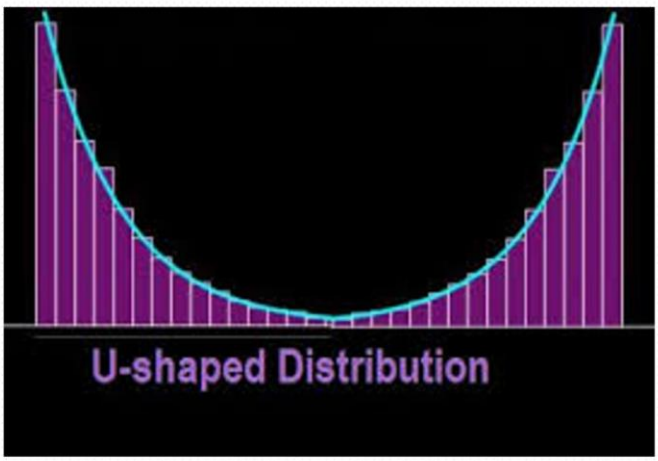
توزیع U

هرگاه احتمال پیدا کردن یک مقدار در یک محدوده معین به گونه ای باشد که مقدار مورد نظر به نقاط حدی نزدیک باشد از توزیع U استفاده می شود.

ضریب تقسیم $\sqrt{2}$

www.parssehat.com

نمودار توزیع U



www.parssehat.com

نمودار توزیع U

شکل ریاضی تابع توزیع U

$$f(x) = \frac{1}{\pi\sqrt{a^2 - x^2}} \qquad \text{به ازای} \quad -a \le x \le +a$$

واریانس تابع توزیع U

$$\sigma^2 = \int x^2 f(x) = \int x^2 \frac{1}{\pi\sqrt{a^2-x^2}}\,dx = \frac{1}{\pi}\int_{-a}^{+a} \frac{x^2 dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \frac{a^2}{2}$$

$$\gg\gg \quad \sigma = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

www.parssehat.com

43

عدم قطعیت اندازه‌گیری چه نیست؟

- اشتباه‌های اپراتور
- تولرانس‌ها: حدود پذیرشی فرآیند یا محصول
- مشخصات: ویژگی‌های محصول (مانند اندازه، شکل ظاهری و غیره)
- درستی (یا به بیان بهتر، عدم درستی): اصطلاحی وصفی

www.parssehat.com

44

مولفه عدم قطعیت

- ✓ برای تخمین عدم قطعیت هر یک از منابع عدم قطعیت را معلوم کرده و سپس سهم هریک را به طور جداگانه در کل مجموعه منظور می نماییم به هریک از این سهم های جداگانه یک مولف عدم قطعیت گویند.
- ✓ هر مولفه عدم قطعیت که برحسب انحراف استاندارد بیان شود به آن عدم قطعیت استاندارد گویند.

www.parssehat.com

عدم قطعیت استاندارد

- ✓ ضرایب معینی که به توابع توزیع بستگی دارند هر مولفه عدم قطعیت را به عدم قطعیت استاندارد تبدیل می کنند.

ردیف	تابع توزیع	ضریب
1	نرمال	K
2	مستطیل	$\sqrt{3}$
3	مثلث	$\sqrt{6}$
4	U	$\sqrt{2}$

www.parssehat.com

عدم قطعیت مرکب استاندارد

عدم قطعیت مرکب از ترکیب مولفه های مختلف به دست می آید. در این ترکیب مجموع توان دوم جملات محاسبه شده و ریشه دوم آن ها در نظر گرفته می شود که به آن عدم قطعیت مرکب استاندارد گویند.

$$U_C = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \ldots + U_N^2}$$

عدم قطعیت مرکب استاندارد

پس از ترکیب مولفه ها و ضرب آن در ضریب همپوشانی (K) عدم قطعیت بسط یافته محاسبه می شود.

$$U_{EXP} = K \times U_C$$

ضریب همپوشانی بسته به سطح اطمینان مورد نظر و درجه آزادی موثر تعیین می گردد.

قضیه حد مرکزی

همانطور که می دانید هریک از مولفه های عدم قطعیت به درجه آزادی معین از توزیع معینی پیروی می کنند برای آنکه مشخص شود نتیجه نهایی از چه توزیعی پیروی کرده و درجه آزادی نهایی (موثر) را چقدر باید درنظر گرفت از قضیه حد مرکزی استفاده می شود.

قضیه حد مرکزی:

هرگاه توابع توزیع مختلفی برمولفه های عدم قطعیت حاکم باشند تابع توزیع نتیجه نهایی را می توان نرمال درنظر گرفت.

49

www.parssehat.com

قضیه حد مرکزی

درجه آزادی موثر مربوط به عدم قطعیت مرکب استاندارد از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$\vartheta_{eff} = \frac{U_C^4(Y)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{U_i^4(Y)}{\vartheta_i}}$$

50

www.parssehat.com

ضریب پوشش K برای درجه آزادی های مختلف برای سطح اطمینان 95%

درجه آزادی	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
ضریب پوشش K	13.97	4.53	3.31	2.87	2.65	2.52	2.43	2.37	2.28	2.13	2.05	2.00

روش‌های محاسبه عدم قطعیت

روش نوع A

آماری

(از طریق تکرار اندازه‌گیری‌ها)

روش نوع B

غیر آماری

(بر اساس اطلاعات حاصل از تجربیات گذشته در مورد اندازه‌گیری از قبیل گواهینامه‌های کالیبراسیون، مشخصات سازنده وسیله اندازه‌گیری، محاسبات ریاضی، اطلاعات منتشرشده و شم باطنی)

محاسبه عدم قطعیت طبق روش نوع A

عدم قطعیت استاندارد:

$$u = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

عدم قطعیت بسط‌یافته:

$$U = k.u$$

k = ضریب پوشش

$k \in R$

$k > 0$

www.parssehat.com

53

محاسبه عدم قطعیت طبق روش نوع A

ردیف	X_i
۱	99.9
۲	97.9
۳	100.1
۴	103.1
۵	98.9
۶	100.7
۷	96.9
۸	100.1
۹	96.9
۱۰	95.9

مثال:

طول یک قطعه ۱۰ بار اندازه‌گیری و نتایج به‌دست‌آمده در جدول مقابل ثبت شده است. عدم قطعیت اندازه‌گیری را به دست آورید.

www.parssehat.com

54

محاسبه عدم قطعیت طبق روش نوع A

حل:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\tilde{X} - X_i)^2}{n-1}} = 2.1747$$

$$u = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.68$$

$$U = K \times u = 2 \times 0.68 = 1.36$$

(با سطح اطمینان ۹۵٪)

محاسبه عدم قطعیت طبق روش نوع B

تعیین منابع عدم قطعیت و مقادیر آنها:

- ✓ کالیبراسیون وسیله اندازه‌گیری
- ✓ وسیله اندازه‌گیری و متعلقات آن
- ✓ مقوله مورد اندازه‌گیری
- ✓ روش اجرایی اندازه‌گیری
- ✓ فردی که اندازه‌گیری را انجام می‌دهد
- ✓ شرایط محیطی

محاسبه عدم قطعیت طبق روش نوع B

مثال:

محاسبه عدم قطعیت کالیبراسیون تایمردر زمان ۲۰ ثانیه با ریزنگری 0.1Sec

داریم:

عدم قطعیت مرجع زمان 0.02Sec

رانش مرجع 0.003Sec

TIMER SETTING	Ref. reading				
20.0	20.04	20.08	20.02	19.96	20.06

57

www.parssehat.com

مشخص نمودن مولفه ها

- ✓ مولفه مرجع با توزیع نرمال و بی نهایت درجه آزادی
- ✓ مولفه رانش مرجع با توزیع مستطیل و بی نهایت درجه آزادی
- ✓ مولفه ریزنگری با توزیع مستطیل و بی نهایت درجه آزادی
- ✓ مولفه تکرارپذیری با توزیع نرمال ودرجه آزادی n-1

58

www.parssehat.com

مشخص نمودن مولفه ها

1. $u_{ref} = \frac{0.02}{2} = 0.01$

2. $u_{drift} = \frac{0.003}{\sqrt{3}} = 0.0017$

3. $u_{res} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.0288$

4. $u_{rep} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{x}-x_i)^2}{n(n-1)}} = 0.023$

مشخص نمودن مولفه ها

$$U_c = \sqrt{u_{ref}^2 + u_{drift}^2 + u_{res}^2 + u_{rep}^2} =$$

$$\sqrt{0.01^2 + 0.017^2 + 0.0288^2 + 0.023^2}$$

$$= \pm 0.041$$

$$U_{exp} = k \times u_c = 2 * 0.041 = \pm 0.082 \text{ Sec}$$

کار در کلاس

در مثال حل شده قبل درجه آزادی موثر و ضریب همپوشانی را در سطح اطمینان ۹۵٪ محاسبه نمایید.

www.parssehat.com

الگوی صفحه گسترده برای نمایش اعداد و ارقام (UNCERTAINTY BUDJET)

منبع عدم قطعیت	مقدار ±	توزیع احتمالی	مقسوم‌علیه	عدم قطعیت استاندارد
عدم قطعیت مرجع	**0.02**	نرمال	۲	**0.01**
رانش مرجع	**0.003**	مستطیلی	√3	**0.017**
ریزنگری	**0.1**	مستطیلی	√3*	**0.0288**
تکرار پذیری	**0.046**	نرمال	√4	**0.023**
عدم قطعیت استاندارد ترکیبی		نرمال فرض می‌شود		**0.041**
عدم قطعیت بسط یافته		نرمال فرض می‌شود (k -۲)		**0.082**
* نصف محدوده (±) بر عدد √۳ تقسیم می‌شود.				

www.parssehat.com

تلفیق مؤلفه‌های عدم قطعیت

الگوی فرآیند اندازه‌گیری از طریق نمایش رابطه عملیاتی میان مقادیر ورودی و خروجی:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

مثال – اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی بر حسب اختلاف پتانسیل و شدت جریان:

$$R = f(V, I) = \frac{V}{I}$$

تلفیق مؤلفه‌های عدم قطعیت

جمع یا تفریق:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u(x_i)^2}$$

مثال:

$$l_T = f(l_1, l_2) = l_1 + l_2$$

$$u_c(l_T) = \sqrt{u_1^{\,2} + u_2^{\,2}}$$

تلفیق مؤلفه‌های عدم قطعیت

ضرب یا تقسیم:

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{u(x_i)}{x_i}\right)^2}$$

مثال:

$$A = f(L,W) = L.W$$

$$\frac{u(A)}{A} = \sqrt{\left(\frac{u(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{u(W)}{W}\right)^2}$$

تلفیق مؤلفه‌های عدم قطعیت

مجذور:

$$\frac{2u(Z)}{Z}$$

جذر:

$$\frac{u(Z)}{2Z}$$

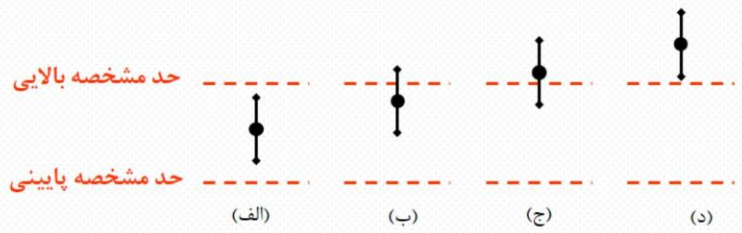
تلفیق مؤلفه‌های عدم قطعیت

مثال ترکیبی - اندازه‌گیری توان بر حسب اختلاف پتانسیل و مقاومت الکتریکی:

$$P = f(V,R) = \frac{V^2}{R}$$

$$\frac{u(P)}{P} = \sqrt{\left(\frac{2u(V)}{V}\right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R}\right)^2}$$

انطباق عدم قطعیت با حدود مشخصات



(الف) ← انطباق: هم نتیجه اندازه‌گیری و هم عدم قطعیت در بین حدود مشخصات قرار می‌گیرد.

(د) ← عدم انطباق: نه نتیجه اندازه‌گیری و نه هیچ بخشی از محدوده عدم قطعیت در بین حدود مشخصات قرار نمی‌گیرد.

(ب) و (ج) ← نه کاملاً در بین حدود قرار می‌گیرند، نه کاملاً خارج از آنها. در این موارد، نتیجه‌گیری قطعی در مورد انطباق نمی‌توان صورت داد.

جایگاه عدم قطعیت دراستاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ ویرایش ۲۰۰۵

۵-۴-۶- برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری

۵-۴-۶-۱- آزمایشگاه کالیبراسیونیا آزمایشگاه آزمون که عملیات کالیبراسیون خود را انجام می‌دهد، باید یک روش اجرایی برای برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری مربوط به تمامی کالیبراسیون‌ها داشته باشد و به اجرا درآورد.

جایگاه عدم قطعیت دراستاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ ویرایش ۲۰۰۵

۵-۴-۶-۲- آزمایشگاه‌های آزمون باید روش‌های اجرایی برای برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری داشته باشند و به اجرا درآورند. در موارد خاصی ماهیت روش آزمون ممکن است مانع از محاسبه دقیق و معتبر عدم قطعیت اندازه‌گیری شود. در این موارد، آزمایشگاه باید حداقل تلاش کند که تمامی مؤلفه‌های عدم قطعیت را شناسایی کند و برآورد معقولی انجام دهد و باید اطمینان حاصل کند که شیوه گزارش‌دهی نتیجه، باعث برداشت نادرستی از عدم قطعیت نشود. برآورد معقول باید بر مبنای دانش به کارگیری روش و دامنه کاربرد اندازه‌گیری باشد و در آن، مثلاً از تجربیات قبلی و داده‌های معتبر استفاده شود.

جایگاه عدم قطعیت دراستاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ ویرایش ۲۰۰۵

۵-۴-۶-۳- هنگام برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری، تمامی مؤلفه‌های عدم قطعیت که در شرایط مورد نظر حائز اهمیت هستند، باید با استفاده از روش‌های تحلیلی مناسب، منظور شوند.

روش‌های کاهش عدم قطعیت

- کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری
- اِعمال تصحیحات لازم برای جبران خطاها
- ایجاد قابلیت ردیابی در اندازه‌گیری‌ها
- انتخاب بهترین وسایل اندازه‌گیری و استفاده از تجهیزات کالیبراسیون با کمترین عدم قطعیت
- وارسی اندازه‌گیری‌ها از طریق تکرار آنها یا تغییر روش اندازه‌گیری
- بررسی محاسبات
- شناسایی بزرگ‌ترین عدم قطعیت‌ها به کمک جدول اعداد و ارقام عدم قطعیت

نکته: در زنجیره متوالی کالیبراسیون‌ها عدم قطعیت در هر مرحله از زنجیره، افزایش می‌یابد.

تدابیر مناسب در خصوص اندازه‌گیری

- به‌کارگیری دستورالعمل‌های سازنده برای به‌کارگیری و نگهداری وسایل اندازه‌گیری
- به کار گماردن کارکنان باتجربه و تدارک آموزش لازم مربوط به اندازه‌گیری
- وارسی یا صحه‌گذاری نرم‌افزارها جهت حصول اطمینان از درستی عملکرد آنها
- گرد کردن نتایج محاسبات به روش صحیح
- نگهداری سوابق اندازه‌گیری‌ها و محاسبات

73

www.parssehat.com

حل تمرین

تمرین ۱ : شخصی برای رسیدن به محل کار از وسایل زیر استفاده نموده و به تجربه شرایط زیر را مشاهده نموده حال با فرض نرمال بودن تابع نهایی . عدم قطعیت رسیدن او را در سطح اطمینان ٪۶۸ محاسبه نمایید.

مولفه	مقدار(دقیقه)	تابع توزیع	درجه آزادی
ساعت هشدار	۱	نرمال	بی نهایت
خواب ماندن	۵	U	بی نهایت
صبحانه	۵	مستطیل	بی نهایت
پیاده روی تا خیابان اصلی	۲	مثلث	بی نهایت
تاکسی	۳	مستطیل	بی نهایت
اتوبوس	۱۰	U	بی نهایت
ورودی حراست	۲	مستطیل	بی نهایت

74

www.parssehat.com

حل تمرین

تمرین ۲ : مطلوب است عدم قطعیت اندازه گیری کدورت آبی که توسط یک کدورت سنج با درستی اسمی 0.5% اندازه گیری شده و نتایج آن به شرح ذیل می باشد.

(از تاثیر دما صرف نظر شده است)

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
مقدار (NTU)	5.3	5.7	4.9	5.2	5.5

حل تمرین

تمرین ۳ : نتایج اندازه گیری PH در دمای محیطی با دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغییرات ۲ درجه توسط یک دستگاه PH متر با درستی 0.01% R.D.G و ریزنگری 0.01PH به شرح ذیل می باشد مطلوب است محاسبه عدم قطعیت این آزمون در سطح اطمینان ٪۹۵.۵.

ضریب تغییرات نمونه نسبت به دما 0.006PH/C

بار اول	بار دوم	بارسوم	بار چهارم	بار پنجم
5.66	5.67	5.67	5.66	5.65

حل تمرین

تمرین ۴ : نتایج اندازه گیری دما در یک یخچال پزشکی با یک دماسنج دیجیتال ۴ کاناله با ریزنگری 0.1°C و عدم قطعیت 0.5°C و رانش سالیانه 0.1°C به شرح زیر می باشد مطلوب است محاسبه عدم قطعیت این آزمون در سطح اطمینان ۹۵.۵٪

نقطه تنظیم	مقدار بیشینه	مقدار کمینه	مقدار میانگین	محل سنسور
4°C	8.3	3.6	5.9	بالا - راست
	7.7	3.5	5.6	بالا - چپ
	7.9	4.3	6.1	وسط
	7.3	4.1	5.7	پایین - چپ

77

www.parssehat.com

حل تمرین

تمرین ۵ :عدم قطعیت اندازه گیری درسطح اطمینان ۹۹٪ هدایت الکتریکی یک نمونه را با فرض استفاده از یک هدایت سنج با درستی0.1% R.D.G و ریزنگری 0.1µS/Cm و شرایط محیطی 25±2°C و ضریب تغییرات هدایت محلول 0.05µS/cm/°C و با نتایج زیر بدست آورید.

مقادیر اندازه گیری شده µS/Cm				
17.2	17.1	17.0	17.4	17.3

78

www.parssehat.com

حل تمرین

تمرین ۶ : برای ساخت۵۰ گرم از یک محلول مرجع با بیریکس ٪۲۵جهت کنترل میانی یک رفرکتومترکه برای تشخیص کیفیت عسل بکار می رود از ترازویی با گستره ۱۰۰ گرم و ریزنگری ۰/۰۰۱گرم و عدم قطعیت ۰.۰۰۲ گرم و ساکارز باخلوص ٪۹۹/۷ و آب مقطر با خلوص ٪۹۹/۹۹ در شرایط دمایی 20±2°C استفاده شده است نتایج آزمون به شرح ذیل است عدم قطعیت آزمون(٪۹۵.۵) را محاسبه و تعیین نمایید نتیجه کنترل رضایت بخش هست یا خیر؟(درستی این تجهیز 0.5% و گرادیان تغییر بیریکس بر اساس دما برابر0.07%/°C می باشد)

Ref.	Unit Under Calibration%					
25%	24.8	24.7	24.8	24.6	24.7	24.7

www.parssehat.com

79

حل تمرین

تمرین ۷ : برای اندازه گیری رطوبت موجود در یک نوع کیک از یک ترازو و آون و زمان سنج بامشخصات زیر استفاده شده است عدم قطعیت اندازه گیری را برای ۵ نمونه درسطح اطمینان ۹۵درصد محاسبه نمایید.(آون با عدم قطعیت 0.6min , 1.3°C و رانش 0.2°C و ترازو با عدم قطعیت 0.003g و رانش 0.001g و ریزنگری 0.001g وزن هر نمونه ۱۲۲ گرم و نقطه تنظیم آون ۹۵ درجه سلسیوس و ضریب حساسیت رطوبت کیک نسبت به انحراف دما 0.15%mass/2°C و ضریب حساسیت رطوبت کیک نسبت به زمان در این دمای تنظیم شده برابر 0.1%mass/min)

مقدار محاسبه شده رطوبت %					
17.2	14.1	16.9	14.8	16.1	17.3

www.parssehat.com

80

ضریب همپوشانی برای سطوح متفاوت اطمینان براساس درجه آزادی

Degrees of freedom ν	Values of $t_p(\nu)$ from the t-distribution for degrees of freedom ν that define an interval that encompasses specified fractions p of the corresponding distribution					
	p = 68.27%	p = 90%	p = 95%	p = 95.45%	p = 99%	p = 99.73%
1	1.84	6.31	12.71	13.97	63.66	235.80
2	1.32	2.92	4.30	4.53	9.92	19.21
3	1.20	2.35	3.18	3.31	5.84	9.22
4	1.14	2.13	2.78	2.87	4.60	6.62
5	1.11	2.02	2.57	2.65	4.03	5.51
6	1.09	1.94	2.45	2.52	3.71	4.90
7	1.08	1.89	2.36	2.43	3.50	4.53
8	1.07	1.86	2.31	2.37	3.36	4.28
9	1.06	1.83	2.26	2.32	3.25	4.09
10	1.05	1.81	2.23	2.28	3.17	3.96
11	1.05	1.80	2.20	2.25	3.11	3.85
12	1.04	1.78	2.18	2.23	3.05	3.76
13	1.04	1.77	2.16	2.21	3.01	3.69
14	1.04	1.76	2.14	2.20	2.98	3.64
15	1.03	1.75	2.13	2.18	2.95	3.59
16	1.03	1.75	2.12	2.17	2.92	3.54
17	1.03	1.74	2.11	2.16	2.90	3.51
18	1.03	1.73	2.10	2.15	2.88	3.48
19	1.03	1.73	2.09	2.14	2.86	3.45
20	1.03	1.72	2.09	2.13	2.85	3.42
25	1.02	1.71	2.06	2.11	2.79	3.33
30	1.01	1.70	2.04	2.09	2.75	3.27
35	1.01	1.70	2.03	2.07	2.72	3.23
40	1.01	1.68	2.02	2.06	2.70	3.20
45	1.01	1.68	2.01	2.06	2.69	3.18
50	1.01	1.68	2.01	2.05	2.68	3.16
100	1.005	1.660	1.984	2.025	2.626	3.077
∞	1.000	1.645	1.960	2.000	2.576	3.000

81

www.parssehat.com

منابع:

- **UKAS M3003**
- **EA - 4/02**
- **GUM**
- **ISIRI 4723**
- **Eurachem**

82

www.parssehat.com