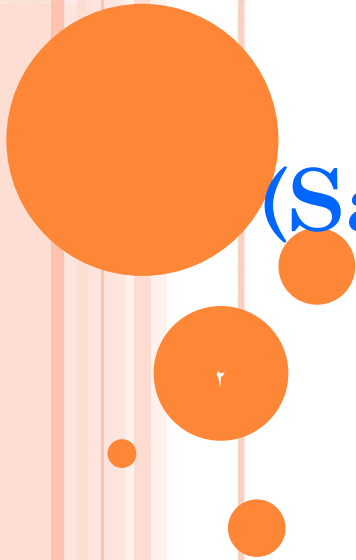




عنوان

خطاهای نمونه برداری و آنالیز

(Sampling and Analysis Error)



انواع خطاها

○ **تعریف:** از لحاظ لغوی به معنی سرگردانی است. از لحاظ آماری اختلاف بین مقادیر محاسبه شده، برآورد شده یا اندازه گیری شده با مقادیر واقعی یک کمیت می باشد. انواع خطا در فرآیند نمونه برداری و آنالیز آلاینده های هوا به ۲ گروه طبقه بندی می شوند که عبارتند از:

۱- خطای سیستمیک یا معین: اختلاف بین میانگین نتایج تعداد زیادی از سنجشهای انجام شده در شرایط یکسان با مقدار واقعی آن کمیت. این خطا در اثر نقص در روش یا عملکرد نامناسب دستگاه یا فرد ایجاد می شود. گاهی اوقات از واژه تورش (Biass) برای تعریف یا توضیح این نوع خطا استفاده می شود.

۲- خطاهای نامعین یا تصادفی: اختلاف بین نتیجه یک سنجش با میانگین نتایج تعداد زیادی از سنجشهای انجام شده در شرایط یکسان. این نوع خطا معمولاً غیر قابل اجتناب است و علت آن نیز محدودیتهای فیزیکی در هر سنجشی می باشد.

خطا ممکن است در نمونه برداری، آماده سازی، تجزیه و تعیین مقدار و محاسبات اتفاق افتد.

خطاهای نمونه برداری و آنالیز

- خطا تفاوت بین مقدار واقعی و نتیجه آزمایش می باشد و منابع آن متفاوت است. مقدار خطا همیشه تخمین زده می شود بعلا آنکه مقدار واقعی بصورت مطلق امکانپذیر نیست واحد خطا، واحد مقادیر مورد آزمایش می باشد در صورتیکه تفاوت بین مقدار واقعی و نتیجه آزمایش در نظر گرفته شود مقدار خطا بصورت مطلق بیان شده و به آن خطای مطلق می گویند.
- **خطای نسبی:** خطای نسبی کمیتی بدون واحد از خطای مطلق است و درصد خطای نسبی از رابطه زیر بدست می آید:

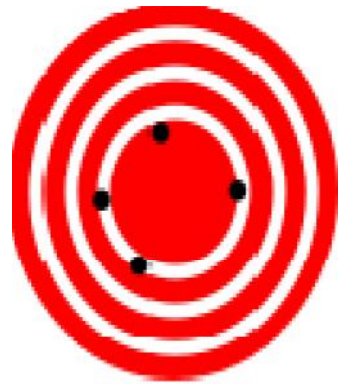
$$E_r = \left(\frac{R - M}{R} \right) \times 100$$

R: مقدار واقعی

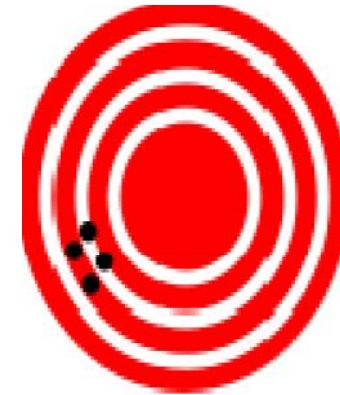
M: مقدار اندازه گیری شده

دقت و صحت

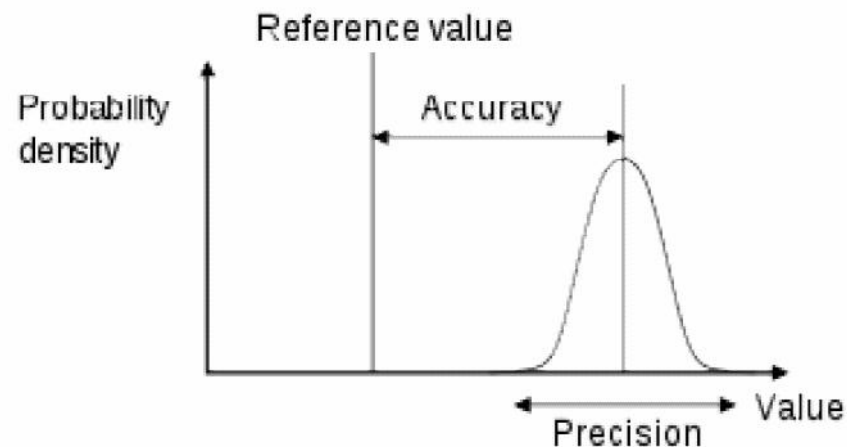
- دقت (Precision): قابلیت تکرارپذیری نتایج سنجش یک کمیت در شرایط یکسان
- صحت (Accuracy): میزان نزدیکی نتایج سنجش یک کمیت به مقدار واقعی



دقت کم، صحت بالا



دقت بالا، صحت کم



خطاهای نمونه برداری از آلاینده های هوا

- عدم تنظیم دبی صحیح در پمپ نمونه برداری در محیط کاری یا محیط بیرون و تغییرات آن در طی مدت نمونه برداری
- اشکال در وسیله نمونه بردار، عدم ثبات نمونه در طی نمونه برداری
- خروج آلاینده از نمونه گیر به دلیل اشباع یا اضافه بار شدن
- شرایط دما و رطوبت: دمای بالا باعث افزایش ترک مواد آلاینده از جاذبههای سطحی می شود. رطوبت بالا رقیبی در جذب سطحی آلاینده های آلی قطبی است. در خصوص آلاینده های آلی غیرقطبی نیز در شرایط رطوبت نسبی بالا و غلظت کم آلاینده، رطوبت عامل بازدارنده جذب می باشد.
- وجود عوامل طبیعی مداخله کننده در نمونه برداری همچون تاثیر سرعت جریان هوا، جهت جریان هوا، وجود موانع در محل نمونه برداری همچون ماشین آلات، ساختمان و موانع طبیعی، تاثیر هواکش های روشن در زمان نمونه برداری در محل کارگاه، تاثیر تهویه مطبوع در نمونه برداری، تاثیر دربهای خروجی و ورودی و پنجره ها در نمونه برداری
- عدم نمونه گیری در طی ۸ ساعت کار
- عدم استفاده از روش استاندارد و جدید نمونه برداری از آلاینده ها (مثال)

خطاهای عملی و محاسباتی وابسته به نمونه برداری

- عدم آزادی کارگر در حین نمونه برداری
- مقایسه نمونه برداری لحظه ای با TWA
- مقایسه نمونه برداری محیطی با TWA
- مقایسه ساعات مواجهه و صرف نظر از ساعات غیر مواجهه در محاسبات نهایی
- عدم استفاده از نمونه شاهد در نمونه برداری
- مقایسه تراکم ذرات کل با ذرات توراسیک یا استنشاقی

خطاهای مربوط به حمل، نگهداری و آماده سازی نمونه ها

- از دست رفتن بخشی از نمونه در حین حمل نمونه ها (تکان دادن فیلترها، مسدود نکردن کامل لوله های جاذب بخصوص در مورد آلاینده های فرار و ...)
- فاصله طولانی بین نمونه گیری و آنالیز نمونه: بیشتر از حد ذکر شده در متد (مشخص نبودن میزان بازیافت نمونه از نمونه گیر)
- شرایط نامناسب نگهداری نمونه ها بخصوص از لحاظ دما و مواجهه با نور
- عدم استفاده از محلول مناسب و اصلی جهت آماده سازی یا بازیافت آلاینده ها جذب شده
- داشتن ناخالصی در محلول مورد استفاده برای بازیافت (آنالیز محلول بازیافتی قبل از استفاده- استفاده از ابزار تمیز برای برداشتن محلول بازیافتی)
- استفاده از مواد تاریخ گذشته و نامرغوب
- عدم استفاده از نمونه شاهد آزمایشگاهی یا نمونه شاهد آماده سازی
- استفاده از روشهای غیراستاندارد جهت بازیافت نمونه ها

خطاهای مربوط به آنالیز نمونه ها

- خطاهای ناشی از انتخاب روش یا دستگاه نامناسب برای تجزیه نمونه ها
- وجود عوامل مداخله گر در نمونه مورد تجزیه که باعث اختلال یا همپوشانی در پاسخ اختصاصی دستگاه به آلاینده اصلی می شود (میزان جذب، پیک و ...)
- نامناسب بودن روش ورود یا تزریق نمونه به دستگاه آنالیز کننده (تزریق نامناسب به GC یا دبی نامناسب محلول مکشی بداخل دستگاه جذب اتمی یا کروماتوگرافی مایع
- شرایط نامناسب محیطی روش یا دستگاه آنالیز کننده (دما، رطوبت، نور و ...)
- کالیبره نبودن دستگاه قبل از آنالیز
- مشخص نبودن میزان صحت روش یا دستگاه تجزیه کننده (تعیین صحت از طریق **Blind Sample, Spiked Sample**، مقایسه های آزمایشگاهی و ...)
- خطاهای اختصاصی هریک از روشها یا دستگاههای آنالیز

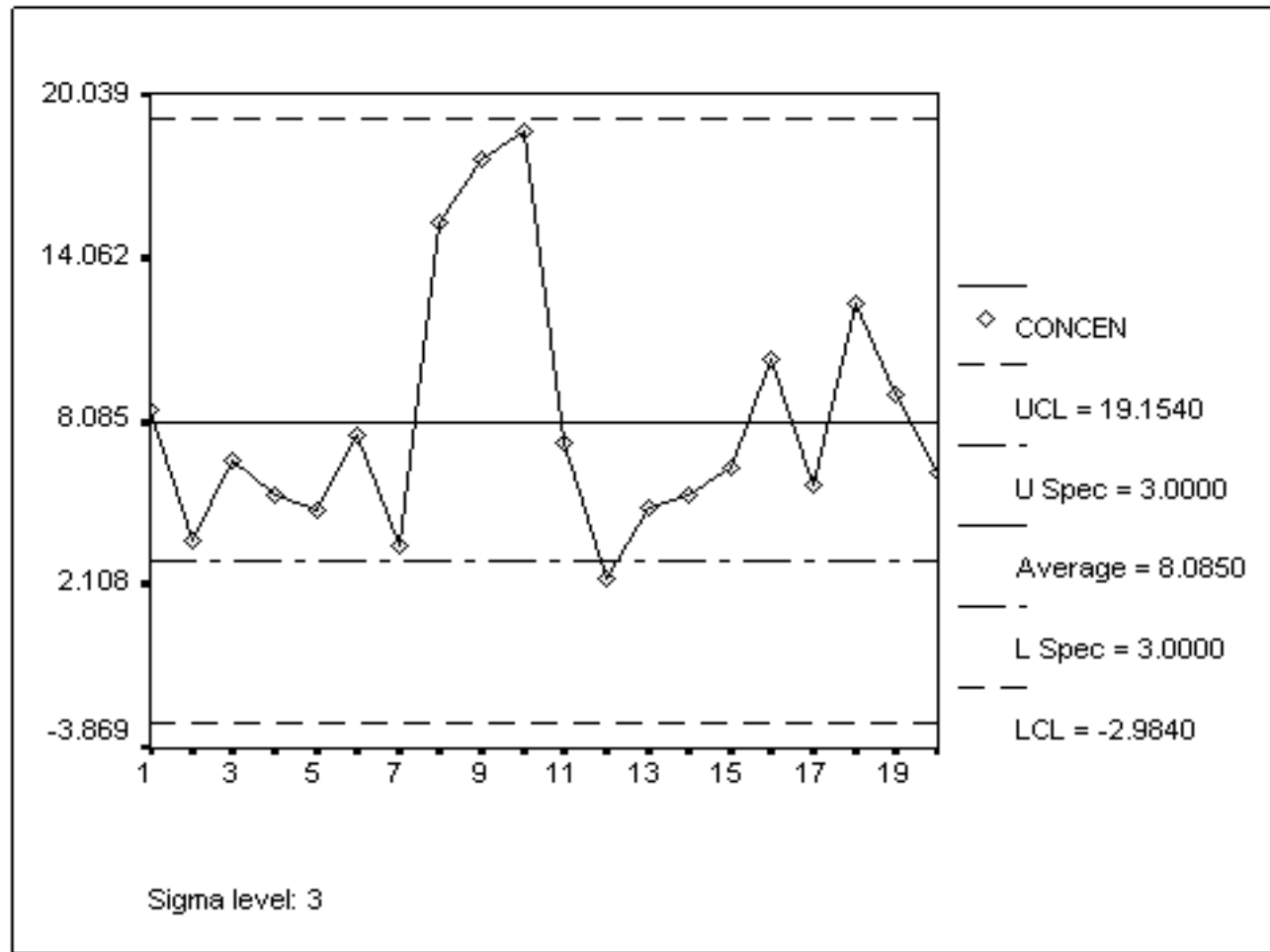
روشهای تجربی تعیین خطای آنالیز

- **Spiked Sample:** روشی است که مقادیر معینی از آلاینده مورد تجزیه را به نمونه اصلی مورد نظر برای تجزیه اضافه کرده سپس آنرا را با روش مورد نظر تجزیه می کنند و به میزان دقت پی برده و خطای اندازه گیری مشخص می گردد. این روش را بایستی در همان زمانی که نمونه های اصلی تجزیه می گردد انجام داد چنانچه در روش آماده سازی از شاهد آماده سازی استفاده می گردد و نتیجه از نمونه اصلی کسر می شود بایستی از نمونه نیز کسر گردد.
- استفاده از چندین روش تجزیه برای یک نمونه و مقایسه نتایج با همدیگر: بهتر است میزان آلاینده موجود در نمونه مورد تجزیه در ابتدا مشخص باشد تا امکان تعیین میزان خطای روشهای مختلف با همدیگر و انتخاب بهترین روش میسر باشد.
- استفاده از حجمهای مختلف نمونه جهت آنالیز و مقایسه نتایج با همدیگر و مقدار واقعی و انتخاب بهترین حجم تزریق یا ورود نمونه

روشهای تجربی تعیین خطای آنالیز

- مقایسه های بین آزمایشگاهی: نمونه را به آزمایشگاههای مختلف داده و با توجه به نتایج بدست آمده به تحلیل داده ها پرداخته سپس آزمایشاتی که نتایج آنان با خطا همراه بوده تعیین می گردند.
- انجام آنالیز توسط افراد مختلف: در این روش نمونه های (ترجیحاً واحد) بوسیله افراد مختلف تجزیه می گردد با این روش می توان خطای انسانی را تعیین نمود.
- نمونه کور (Blind Sample): نمونه کور به نمونه ای گفته می شود که فرد تجزیه کننده اطلاعی از فرد نمونه گیر و شرایط نمونه برداری ندارد. نمونه کور از گرایش سوگرانه اجتناب نموده و دقت افراد را با آن می توان مورد ارزیابی قرار داد.
- استفاده از کنترل چارت: ابزار مورد استفاده در علوم مختلف برای کنترل کیفی نتایج حاصل از سنجش یک متغیر. چارت کنترل یک روش آماری است که می توان با آن خطا در داده ها را تعیین نمود و داده های مشکوک را جدا نموده و آزمایش را در مورد آن مجدداً تکرار نمود. در صورتی که داده ها دارای توزیع نرمال باشند چارت کنترل براساس میانگین و پراکنده گی داده ها بررسی می شود. این چارت دارای حد بالا و پائین است که دامنه بین این دو حد بستگی به ضریب اطمینان مورد نظر متفاوت می باشد. ضریب اطمینان ۹۵٪ حد رایج برای پذیرش نتایج است که معادل $\mu \pm 2\sigma$ می باشد

کنترل چارت بررسی کیفی صحت داده ها



کنترل چارت تراکم گردوغبار کل در ایستگاه های نمونه برداری

حذف نتایج غیر معمول

- نتایج تجزیه ای پرت، نتایجی هستند که با میانگین نتایج بطور غیر معمول اختلاف زیادی دارد چنانچه منشا، خطا معین باشد نتایج به هر صورت غیر معتبر بود و رد می شوند در اکثر موارد خطای قابل اندازه گیری را نمی توان مشخص نمود بنابراین از روشهای آماری برای رد کردن نتایج تجزیه ای استفاده می گردد.
- در این زمینه روشها و قوانین مختلفی وجود دارد که می توان به قانون 2.5d، قانون 4d و قانون Q اشاره نمود که هر یک برای شرایط خاصی توصیه می گردند.
- برای تعیین میزان صحت نتایج و استفاده از مقدار آن در قضاوت نهایی در خصوص وضعیت مواجهه کارگر با آلاینده، متغیرهای آمار مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که عبارتند از انحراف معیار و واریانس، انحراف معیار نسبی، ضریب تغییرات ادغام شده، حدود اطمینان، دامنه و ...

انحراف معیار نسبی یا ضریب تغییر

- نسبت انحراف معیار به میانگین را انحراف معیار نسبی می نامند و در بعضی مواقع آنرا بصورت درصد نشان داده می شود.

$$CV = \frac{s}{\bar{X}} \times 100$$

ضریب تغییرات ادغام شده

○ جهت بررسی دقت در دستگاهای کروماتوگرافی، جذب و نشر اتمی و اسپکتر و فتومتر از ضریب تغییر ادغام شده استفاده می گردد هر چقدر این مقدار کوچکتر باشد دقت تجزیه بالا خواهد بود. ضریب تغییرات ادغام شده از رابطه ذیل محاسبه می گردد.

$$\overline{CV} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n f_i (CV)^2}{\sum_{i=1}^n f_i} \right]^{\frac{1}{2}}$$

I: تعداد نمونه ها در هر بار غلظت

CV : ضریب تغییر

f_i: تعداد مشاهدات منهای ۱

استفاده از نتایج

- تعیین میانگین روزانه تماس
- تعیین میانگین در کارگران با شغل یکسان
- تعیین شاخص انحراف معیار جدول فراوانی نسبی نمودار هیستوگرام نمودار مواجهه ماهانه سالانه
- تعیین ارتباط مواجهه با شاخص های حیاتی و بیولوژیکی
- تعیین دادههای خطا یا دور از انتظار با چارت کنترل
- تعیین داده های پارامتریک و غیر پارامتریک در ارزشیابی بهداشت حرفه ای

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی

- نتایج نمونه برداری و آنالیز نمونه های فردی یا محیطی بندرت برابر مقادیر واقعی تراکم آلاینده مورد نظر است.
- اختلاف بین مقدار اندازه گیری شده و مقدار واقعی تراکم آلاینده ناشی از خطاهای نمونه برداری و آنالیز (Sampling and Analysis Errors) یا SAEs می باشد.
- میزان این خطا، بستگی به اثرات ترکیبی از میزان خطاهای ذاتی مستتر در نمونه گیری، آنالیز و دبی پمپ دارد.
- ضرایب خطای تعیین شده توسط روشهای آماری باید در نتایج حاصل ادغام شود تا ۲ حد زیر تعیین شود:
 - ۱- حد پائین اطمینان (LCL): پائینترین حد محتمل از تراکم آلاینده با یک درجه اطمینان مشخص
 - ۲- حد بالای اطمینان (UCL): بالاترین حد محتمل از تراکم آلاینده با همان درجه اطمینان

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی

○ این حد اطمینان یک طرفه است چون تراکم واقعی آلاینده نسبت به حد مجاز آن فقط می تواند در یک طرف آن (کمتر یا بیشتر) واقع شود.

○ سه رویکرد تعیین میزان خطا شامل:

- میزان صحت (Accuracy) برای دستگاههای یا روش های قرائت مستقیم

- SAE ارائه شده توسط OSHA

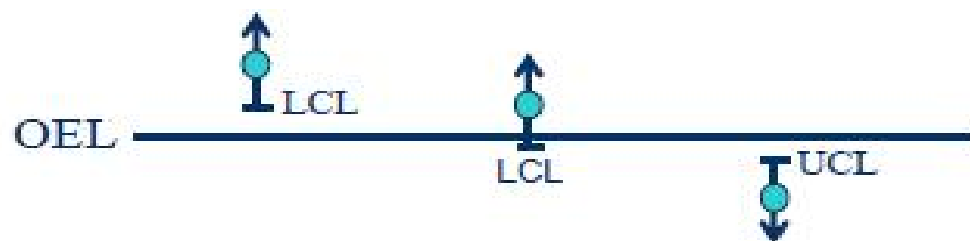
- استفاده از CV_T یا S_{rT} ارائه شده توسط NIOSH برای محاسبه SAE

$$SAE = Z\text{-value} \times CV_T$$

□ E.g., $SAE = 1.645 \times 0.076 = 0.125$

□ Z based on 95% single-sided

□ Use Z instead of T since supposed based on large numbers of trials



ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی

- SAE رایج با حد اطمینان ۹۵٪ در فرم گزارش OSHA-91B ارائه شده است. چنانچه SAE برای آلاینده ای خاص در این فرم ارائه نشده بود، می توان مقدار آنرا از روشهای استاندارد ارائه شده توسط OSHA، NIOSH یا منابع معتبر دیگر استخراج نمود.
 - چنانچه از لوله های آشکارساز یا وسایل قرائت مستقیم استفاده شده است، از SAE ارائه شده توسط تولید کننده این وسایل استفاده شود.
 - روش محاسبه LCL و UCL بسته به روش نمونه گیری متفاوت می باشد لذا در ابتدا باید روش نمونه گیری از آلاینده مشخص شود:
- ۱- نمونه گیری منفرد مداوم کل شیفت: نمونه گیری در کل یک شیفت کاری تنها با یک نمونه انجام می شود. این نمونه گیری یا در کل یک شیفت برای مقایسه با TWA انجام می شود یا یک نمونه کوتاه مدت برای مقایسه با حد مجاز Ceiling گرفته می شود.
 - ۲- نمونه گیری متوالی کل شیفت: نمونه گیری با استفاده از چندین نمونه در طول یک شیفت با دوره های زمانی مساوی یا متفاوت که در صورت تلفیق آنها با همدیگر کل یک شیفت کاری را پوشش می دهد. به عنوان مثال ۴ نمونه ۲ ساعته گرفته شده متوالی با ذغال فعال در طول یک شیفت

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی

مزیت نمونه گیری متوالی: از دست نرفتن کلیه اطلاعات در اثر ایجاد اختلال یا نقص در فرآیند نمونه گیری مثل نقص در عملکرد پمپ، آلوده شدن نمونه گیر و ... گرفتن چند نمونه در طول یک شیفت کاری امکان تشخیص تغییرات تراکم آلاینده در طول یک شیفت را فراهم می کند و همچنین احتمال خطا اندکی کاهش می یابد.

۳- نمونه گیری لحظه ای (Grab Sampling): جمع آوری تعدادی نمونه کوتاه مدت در زمانهای مختلف در طی یک دوره نمونه گیری که ترکیب آنها با همدیگر، برآوردی از مواجهه کل شیفت را فراهم می کند. (مثال استفاده از لوله های آشکار ساز یا وسایل قرائت مستقیم)

○ تصحیحات لازم بر روی نتایج:

۱- نمونه گیری و آنالیز تحت شرایط دما، فشار و رطوبت مشابه شرایط کالیبراسیون، در غیر اینصورت، تصحیح حجم با توجه به تغییرات

۲- در صورت تغییرات دبی پمپ نمونه برداری، تثبیت دبی با استفاده از اریفیسها، در غیر اینصورت برآورد حجم نمونه هوا برای بیشترین دبی نمونه گیری شده

۳- تبدیل واحدهای تراکم آلاینده (گازها و بخارات) به واحدهای متناظر حدود مجاز

$$C_{ppm(NTP)} = \frac{C_{(mg/m^3)} \times 24.45}{Mw}$$

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی شرایط نمونه گیری منفرد کل شیفت

- تعیین تراکم تصحیح شده نمونه گرفته شده (X)
 - تعیین تراکم مجاز آلاینده مورد بررسی (PEL)
 - تعیین خطای نمونه گیری و آنالیز آلاینده مذکور (SAE)
 - محاسبه تراکم استاندارد شده آلاینده (Y): $Y=X/PEL$
 - محاسبه UCL و LCL با ضریب اطمینان ۹۵٪:
- $UCL=Y+SAE$
 - $LCL=Y-SAE$
- طبقه بندی و وضعیت مواجهه و قضاوت نهایی مطابق دستورالعمل زیر:
- ۱- اگر $UCL \leq 1$ مواجهه قطعاً کمتر از حد مجاز است.
 - ۲- اگر $LCL > 1$ مواجهه قطعاً بیشتر از حد مجاز می باشد
 - ۳- اگر $LCL \leq 1$ و $UCL > 1$ مواجهه بیشتر از حد مجاز محتمل می باشد.
- مثال

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی

شرایط نمونه گیری متوالی کل شیفت

- SAE محاسبه شده در این روش اندکی کمتر از SAE شرایط قبلی است چونکه خطاهای ذاتی موجود تا حدودی اثرات همدیگر را تعدیل می کنند.
 - محاسبات ریاضی برای این روش بیشتر است.
 - در ابتدا تراکمهای تصحیح شده هر یک از نمونه ها تعیین می شود (X_1, X_2, \dots, X_n)
 - با داشتن زمانهای هر یک از نمونه ها میانگین وزنی زمانی تراکم برای کل شیفت (TWA) محاسبه می گردد:
- $$TWA = \frac{X_1 T_1 + X_2 T_2 + \dots + X_n T_n}{T_1 + T_2 + \dots + T_n}$$
- در مرحله بعد غلظت استاندارد شده محاسبه می شود:
- $$Y = \frac{TWA}{PEL}$$
- با داشتن SAE همانند روش قبل UCL و LCL تعیین می شود.
 - قضاوت نهائی در این شرایط نیز همانند شرایط قبل است اما اگر نتیجه قضاوت نشانگر **احتمال** مواجهه بیش از حد مجاز بود، مقدار دقیق LCL و UCL از رابطه پیچیده تری محاسبه شده و قضاوت دقیقتر بعمل می آید:

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی

شرایط نمونه گیری متوالی کل شیفیت

○ محاسبه دقیق LCL و UCL برای شرایط محتمل مواجهه بیش از حد:

$$LCL = Y - \frac{SAE(T_1^2 X_1^2 + T_2^2 X_2^2 + \dots + T_n^2 X_n^2)^{0.5}}{PEL(T_1 + T_2 + \dots + T_n)}$$

$$UCL = Y + \frac{SAE(T_1^2 X_1^2 + T_2^2 X_2^2 + \dots + T_n^2 X_n^2)^{0.5}}{PEL(T_1 + T_2 + \dots + T_n)}$$

○ مثال: نتایج نمونه برداری از کارباریل (SAE=0.23)

نمونه	۱	۲
دبی نمونه برداری (L/min)	۲	۲
زمان نمونه برداری (min)	۲۴۰	۲۱۰
جرم آلاینده (mg)	۳,۰۰۵	۲,۴۵۸

○ در خصوص نمونه های لحظه ای نیز بایستی ضمن مشاوره با متخصص، راهبرد مناسب جهت سنجش در نظر گرفته شده و میزان خطاهای اعلام شده توسط تولید کننده وسایل، مورد استفاده قرار گیرد

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی شرایط نمونه گیری متوالی بخشی از یک شیفت

○ محاسبه PPC (Partial Period Criteria):

$$PPC = \frac{\text{period of standard}}{\text{sample period}}$$

- اگر LCL بزرگتر از PPC باشد، مواجهه بیشتر از حد مجاز است.
- اگر Y بزرگتر از PPC باشد لازم است LCL محاسبه شود: اگر $LCL \leq PPC$ باشد، مشکوک
- اگر Y کوچکتر از PPC باشد، مواجهه کمتر از حد مجاز بوده و هیچ آزمون آماری لازم نیست.
- **مثال:** حدمجاز آلاینده ای 0.05 ، 0.09 $CV_T =$ و سه نمونه با شرایط زیر:

$$X_1 = 0.11 \text{ mg/m}^3; \quad T_1 = 100 \text{ minutes}$$

$$X_2 = 0.068 \text{ mg/m}^3; \quad T_2 = 120 \text{ minutes}$$

$$X_3 = 0.087 \text{ mg/m}^3; \quad T_3 = 90 \text{ minutes}$$

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی شرایط نمونه گیری متوالی بخشی از یک شیفت

○ قدم اول: محاسبه TWA

$$TWA = \frac{0.11 * 100 + 0.068 * 120 + 0.087 * 90}{100 + 120 + 90} = 0.087$$

○ محاسبه غلظت استاندارد شده (Y):

$$Y = \frac{0.081}{0.05} = 1.74$$

○ محاسبه PPC:

$$PPC = \frac{480}{310} = 1.54$$

○ چون $Y > 1.54$ پس باید LCL محاسبه شود:

$$LCL = Y - (Z \times CV_T) \times \frac{\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_n^2}}{T_1 + T_2 + \dots + T_n} = 1.74 + (1.645 \times 0.09) \frac{\sqrt{100^2 + 120^2 + 90^2}}{100 + 120 + 90} = 1.65$$

○ **قضاوت:** چون $LCL > PPC$: بنابراین مواجهه بیشتر از حد مجاز

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی مواجهه با مخلوط مواد شیمیائی

- مواجهه افراد با انواع آلاینده شیمیائی که دارای اثرات مضر روی یک ارگان یا سیستم می باشند، امری شایع در محیطهای کاری است. البته این آلاینده ها ممکنست بصورت ناخالصی در تولید برخی از مواد شیمیائی وجود داشته باشند. محاسبات حد مجاز این آلاینده ها بایستی بصورت ترکیبی در نظر گرفته شود:

$$E_m = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \dots + \frac{C_n}{L_n}$$

- E_m : مواجهه معادل مخلوط آلاینده ها

- C: تراکم هریک از آلاینده ها

- L: حد مجاز مواجهه هر آلاینده (معادل PEL یا TLV)

- در مرحله بعد نسبت مواجهه هر آلاینده (Y_n) محاسبه می شود:

$$Y_n = \frac{C_n}{L_n}$$

- در مرحله بعد نسبت مواجهه با یک آلاینده به مواجهه کل (R_n) تعیین می شود:

$$R_1 = \frac{Y_1}{E_m} \dots\dots R_n = \frac{Y_n}{E_m}$$

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی مواجهه با مخلوط مواد شیمیائی

○ SAE (با ضریب اطمینان ۹۵٪) ادغام شده مربوط به کل آلاینده ها محاسبه می شود:

$$(RS_t) = \left[(R_1^2)(SAE_1^2) + (R_2^2)(SAE_2^2) + \dots + (R_n^2)(SAE_n^2) \right]^{0.5}$$

○ قضاوت به ۲ روش:

۱- همانند روشهای قبل:

$$UCL = E_m + RS_t$$

$$LCL = E_m - RS_t$$

۲- حد کنترل مخلوط آلاینده ها (CL) برآورد می شود: $CL = 1 + RS_t$

○ اگر $E_m \leq CL$ با اطمینان ۹۵٪ مواجهه کمتر از حد مجاز می باشد و ممکنست نمونه گیریهای بیشتر لازم باشد

○ اگر $E_m > 1$ و $E_m > CL$ مواجهه بیشتر از حد مجاز است (با ضریب اطمینان ۹۵٪)

ارزشیابی نتایج و قضاوت نهائی مواجهه با مخلوط مواد شیمیائی

مثال ○

SAE	حد مجاز ۸ ساعته (ppm)	تراکم ۸ ساعته (ppm)	آلاینده
۰٫۰۸۹	۱۰۰۰	۵۰۰	۱
۰٫۱۱	۲۰۰	۸۰	۲
۰٫۱۸	۲۰۰	۷۰	۳

○ ارزشیابی نتایج بر اساس میزان صحت (Accuracy) اعلام شده در روشهای NIOSH
○ تعیین حد پائین و بالا :

$$C(1 - A) < \hat{c} < C(1 + A)$$

○ مقایسه مستقیم حدود بالا و پائین با حد مجاز و قضاوت نهائی

$$A = 1.96 \times (Bias^2 + TRSD^2)^{0.5} \quad \text{if } |Bias| < TRSD / 1.645$$

$$\text{Else : } A = |Bias| + (1.645 \times TRSD) \quad TRSD = \frac{\dagger}{c}$$