ارزیابی مواجهه شغلی با مواد شیمیایی

تهیه کننده:
سعید نوری

اهداف کارگاه ...

- تشریح مراحل ارزیابی مواجهه با مواد شیمیایی
- آشنایی با خطاهای نمونه برداری
- آشنایی با محاسبات نمونه برداری با رویکرد آماری

مراحل ارزیابی مواجهه

۱- جمع آوری داده های موجود در مورد افراد در معرض مواجهه و عوامل محیطی

۲- مشخص کردن گروه های با مواجهه همسان (SEG) با لحاظ کردن تغییر پذیری مواجهه (Variability)

۳- تعیین پروفایل مواجهه گروه ها

۴- تصمیم گیری در مورد قابل قبول بودن مواجهه با عوامل محیطی

۵- طرح ریزی اقدامات پیگیرانه (Follow-up Actions)

مرحله اول: گردآوری اطلاعات

- فرآیندها و عملیات تولید
- تعداد کارکنان و وظایفی که هر یک از آن ها انجام می دهند.
- عوامل محیطی موجود، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن ها و اطلاعاتی راجع به چگونگی مصرف آن ها
- مدت زمان، مکان و نحوه مواجهه کارکنان با عوامل محیطی
- اطلاعات سم شناسی و حد مجاز مواجهه با عوامل محیطی

عوامل محیطی که کارکنان در محیط های کاری با آن ها مواجهه دارند

عامل	ویژگی
مواد اولیه	ورودی های اصلی در فرآیند تولید
مواد میانی	موادی که در طول فرآیندها و در اثر واکنش های شیمیایی ایجاد می شوند
محصول	محصول نهایی فرآیند تولید
افزودنی ها	مواد افزودنی به فرآیند یا محصول به منظور بهبود کیفیت آن ها (شامل کاتالیست ها، مهارکننده ها و رنگدانه ها)
مواد آزمایشگاهی	موادی که برای آماده سازی و آنالیز نمونه ها استفاده می شوند. (معمولا در مقادیر کم ولی خالص و غلیظ استفاده می شوند)
مواد نگهداری و ساخت	روان کننده ها ، مواد تمیز کننده و عایق ها (این مواد جزء فرآیندهای اصلی در صنعت نیستند)
مواد زاید	مواد دفعی / بازیافتی صنعت شامل پسماندها

منبع	توصیف اطلاعات
بررسی‌های بهداشت حرفه‌ای حال حاضر یا آن‌هایی که در گذشته انجام شده‌اند	• شرح عملیات‌ها، فرایندها، نرخ تولید، عوامل محیطی، اقدام‌های کنترلی، وظایف کاری، شکایات کارکنان • داده‌های پایش مواجهه • ارزشیابی وضعیت انطباق • توصیه‌هایی برای کنترل، آموزش کارکنان و ... .
مصاحبه با کارگرها، مدیرها و کارکنان فنی (مهندس‌ها و متخصص‌های تعمیر و نگهداری و ....)	• زمینه‌ای درباره‌ی موارد بالا • هرگونه تفاوت بین هر آن‌چه که در مستندها نوشته شده است و آن‌چه که در عمل انجام می‌گیرد
مصاحبه با متخصص‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، محیط زیست، پزشک و بررسی شکایات کارکنان، و منابع انسانی	• مشکلات سلامت کارکنان • تاریخچه‌ی مواجهه • شیوه‌های انجام کار که روی مواجهه‌ها اثرگذار هستند • تاریخ دقیق یا تقریبی زمان اجرای اقدام‌های کنترلی
بایگانی صنعت	• صورت مواد شیمیایی[۳] • صورت محصول‌ها • برگه‌ی اطلاعات ایمنی مواد • تاریخچه‌ی کار • سوابق پایش مواجهه‌ی روتین • آزمون عملکرد کنترل‌های مهندسی • نتایج پایش محیطی
استانداردهای مواجهه	• حدود مواجهه‌ی شغلی گذشته، حال و حدود پیشنهادی
متون علمی	• مطالعه‌های سم‌شناسی • مطالعه‌های اپیدمیولوژیک

esoleimani84@yahoo.com

مرحله دوم: تعیین گروه های با مواجهه همسان

مفهوم تغییر پذیری مواجهه:

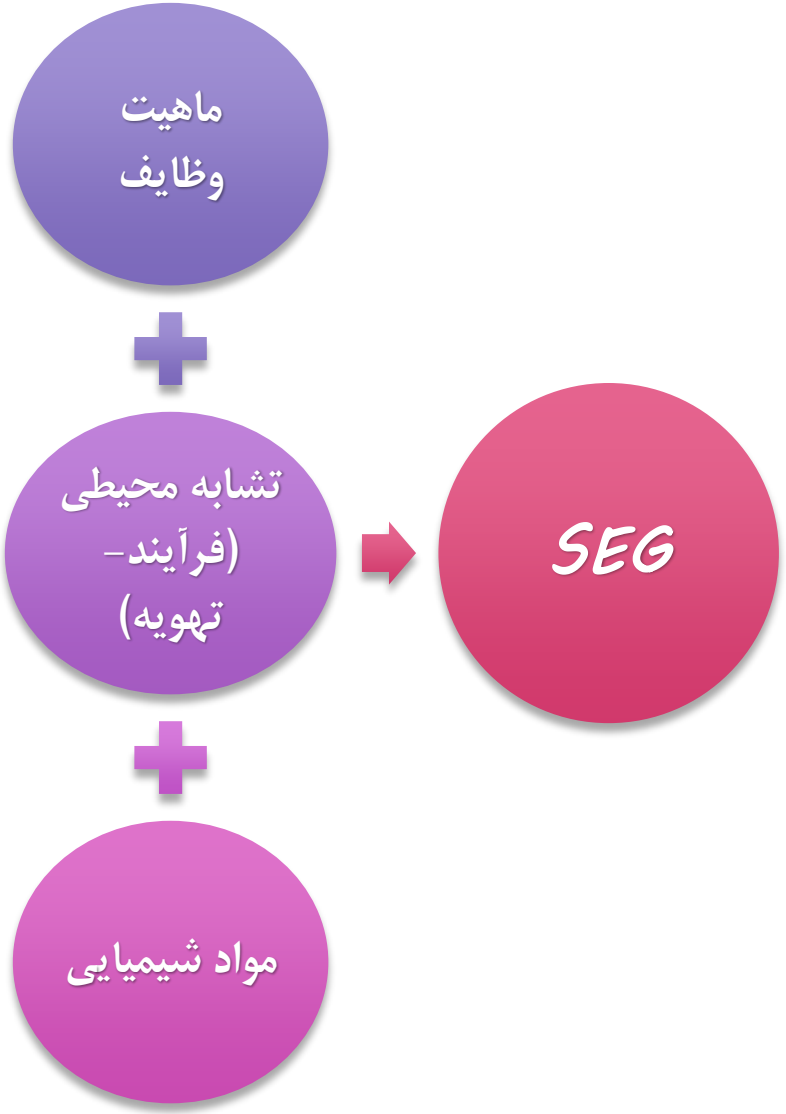
- تغییر پذیری درون- فردی: ناشی از تغییرات در مواجهه فرد در یک روز نسبت به روز بعد می باشد. (نرخ تولید آلودگی، تهویه محیط و ...)
- تغییر پذیری بین- فردی: ناشی از تفاوت در نوع وظایف و الگوی انجام فعالیت هایی است که افراد انجام می دهند.

✓ در صورتی که در یک گروه یا مواجهه مشابه، نسبت دو صدک مواجهه که بین آن ها ۹۵٪ کارگران قرار می گیرند حداکثر برابر ۲ باشد (به عنوان مثال نسبت صدک ۹۷/۵ به ۲/۵) می توان گفت مواجهه در این گروه همگن است.

مرحله دوم: تعیین گروه های با مواجهه همسان

Observational approach

کورن و اسمن (1979)



- ✓ روش ذهنی
- ✓ وابسته به داوری کارشناس بهداشت حرفه ای

- ✓ ***توجه به تفاوت ها:***
  سابقه و قرارداد کار
  دانش و مهارت تخصصی
  نوبت های کاری

مرحله دوم: تعیین گروه های با مواجهه همسان

Sampling approach

راپاپورت (1991)

- ✓ جمعیت کارکنان به شکل تصادفی نمونه برداری می شوند.
- ✓ دسته بندی کارکنان براساس نتایج نمونه برداری صورت می گیرد.
- ✓ به داوری کارشناس بهداشت حرفه ای بستگی ندارد.
- ✓ نسبت به روش مشاهده ای عینی تر می باشد.
- ✓ محدودیت زمان و منابع مالی را در نظر نمی گیرد.

مرحله دوم: تعیین گروه های با مواجهه همسان

Hybrid approach

AIHA (1998)

- ✓ ترکیبی است از رویکرد مشاهده ای و نمونه برداری
- ✓ گروه هایی که امکان دسته بندی آن ها اشتباه است (گروه های بحرانی) شناسایی شده و به منظور تعیین تغییر پذیری درون–فردی و بین–فردی بطور کامل پایش می شوند.
- ✓ در گروه هایی که مواجهه بین ۱۰۰–۵۰ ٪ حد مجاز شغلی است برای تفسیر بهتر مواجهه نیاز به چندین اندازه گیری از هر یک از کارکنان است.

مرحله سوم: تعیین پروفایل مواجهه

- در این مرحله بر اساس اطلاعات جمع آوری شده در مرحله اول و نظر کارشناس بهداشت حرفه ای، میزان مواجهه برای هر SEG برآورد می شود.
- بخش عمده این مرحله بصورت کیفی است.

در طول این مرحله از ارزیابی مواجهه، هیچ نمونه هوایی جمع آوری نمی شود.

مرحله چهارم: تصمیم گیری در مورد قابل قبول بودن مواجهه ها

- ***قابل قبول:*** مواجهه ها پایین تر از حدود مواجهه شغلی هستند.
- ***نامشخص:*** در این مورد به دلیل تعیین نامناسب پروفایل مواجهه یا در دسترس نبودن داده های کافی، نمی توان در مورد قابل قبول بودن مواجهه ها تصمیم گیری کرد.

اگر نتایج اندازه گیری مواجهه کارکنان به حدود مواجهه شغلی نزدیک باشد و یا نتایج در یک محدوده وسیع پراکنده باشد (داده ها دارای ضریب تغییرات زیادی باشند) نمی توان در مورد آن ها اظهار نظر قطعی کرد. برای تایید مواجهه نیاز به انجام پایش های بیشتری است.

- ***غیر قابل قبول:*** مواجهه ها بالاتر از حدود مواجهه شغلی هستند. ← کنترل های مهندسی و مدیریتی

مرحله پنجم: طرح ریزی اقدامات پیگیرانه

- **پر کردن خلاء های اطلاعاتی (مواجهه های نامشخص)** ← **تهیه طرح پایش**
- **کنترل مواجهه های غیرقابل قبول**

- قانون سرانگشتی: پایش مواجهه را برای آن دسته از مواجهه های نامشخص انجام دهید که از ۱۰ ٪ حد مجاز بیشتر باشند.
- برای مواجهه های بالای ۱۰۰ ٪ حد مجاز، اقدامات کنترلی پیش بینی و اجرا می گردد.
- گروه هایی که مواجهه آن ها بین ۱۰۰-۵۰ ٪ حد مجاز است در اولویت اول پایش قرار دارند.
- پایش گروه هایی که مواجهه آن ها بین ۵۰-۱۰ ٪ حد مجاز است در اولویت پایین تر قرار می گیرند.

در تعیین اولویت های پایش، شکایت کارگران و بررسی بیماری های ناشی از کار را نیز در نظر بگیرید.

طرح پایش

✍ یک طرح پایش اگر به خوبی طراحی و اجرا شود مزایای زیر را به دنبال خواهد داشت:

- کمک به مدیران در شناسایی ریسک های بالقوه محیط کار
- تعیین میزان مواجهه کارکنان و مشخص کردن اینکه کارکنان از مخاطرات سلامت شغلی محافظت شده اند.
- شناسایی فرآیندهایی که نیاز به کنترل های مهندسی و مدیریتی دارند.
- بکارگیری مؤثر منابع سازمان در زمینه ارتقاء بهداشت محیط کار
- اطمینان از انطباق با حدود مواجهه استاندارد

طرح پایش می بایست پایش مواجهه در جریان عملیات روتین، فعالیت های تعمیر نگهداری و توقف های فرآیند (shutdown) پیش بینی کند.

مراحل عملیات پایش هوا

1. تعیین هدف پایش
2. تعیین نوع نمونه ها
3. انتخاب روش نمونه برداری و آنالیز
4. انتخاب کارکنان برای نمونه برداری
5. تعیین تعداد نمونه ها و زمان نمونه برداری
6. کالیبراسیون تجهیزات
7. انجام نمونه برداری
8. انتقال نمونه ها به آزمایشگاه
9. آنالیز نمونه ها
10. تعیین مواجهه متوسط وزنی- زمانی
11. تعیین حدود اطمینان
12. مقایسه با حدود مواجهه شغلی

راهبرد پایش (انتخاب کارکنان)

سناریوی تصادفی:

بصورت تصادفی، از افراد داخل گروه های همسان نمونه برداری می شود.

سناریوی بدترین مورد:

با استفاده از اطلاعات موجود و نظر متخصص، بالاترین مواجهه ها برای پایش انتخاب می شوند. چنانچه نتایج از حد مواجهه قابل قبول کمتر باشد نتیجه گیری می شود سایر مواجهه ها نیز احتمالا قابل قبول می باشند.

رویکرد اول:	یک یا دو گروه که دارای بالاترین مواجهه هستند پایش می شوند. اگر این مواجهه ها قابل قبول باشند نتیجه گیری می شود دیگر گروه ها نیز قابل قبول است.
رویکرد دوم:	بدترین مورد را در هر گروه شناسایی و پایش می کنند.

راهبرد پایش (تعداد نمونه مورد نیاز)

سناریوی تصادفی : هیچ فرضیه ای در مورد اینکه کدامیک از کارکنان مواجهه بالاتری دارند ارائه نمی شود. چنانچه نتایج ۳-۲ نمونه اول کمتر از ۱۰٪ یا بیشتر از ۱۰۰٪ حد مجاز شوند نمونه برداری را متوقف نمایید.

OSHA

تعداد کارگران گروه	حداقل تعداد نمونه	تعداد کارگران گروه	حداقل تعداد نمونه
۱	۱	۱۱-۱۲	۱۰
۲	۲	۱۳-۱۴	۱۱
۳	۳	۱۵-۱۷	۱۲
۴	۴	۱۸-۲۰	۱۳
۵	۵	۲۱-۲۴	۱۴
۶	۶	۲۵-۲۹	۱۵
۷-۸	۷	۳۰-۳۷	۱۶
۹	۸	۳۸-۴۹	۱۷
۱۰	۹	۵۰	۱۸

AIHA / HSE

تعداد کارگران گروه	حداقل تعداد نمونه
۱	۱
۲	۲
۳	۳
۴-۶	۴
۶-۹	۵
۹-۱۴	۶
۱۴-۲۵	۷
بیش از ۲۵ نفر	۸

راهبرد پایش (تعداد نمونه مورد نیاز)

راهبرد انجمن بهداشت حرفه ای آمریکا (AIHA) و کمیته استاندارد اروپا (CEN) :

از هر گروه با مواجهه مشابه ۱۰-۶ نفر انتخاب شده و مواجهه هر کدام یک بار اندازه گیری می شود. سپس صدک ۹۵ پروفایل مواجهه برآورد می شود.

راهبرد HSE :

از هر گروه با مواجهه مشابه ۱۰-۵ نفر انتخاب شده و مواجهه هر کدام یک بار اندازه گیری می شود. سپس صدک ۹۵ پروفایل مواجهه برآورد می شود.

راهبرد OSHA برای بازرسان:

محیط کار تنها زمانی مطابق با استاندارد است که تمام مواجهه های اندازه گیری شده کمتر از حد مجاز باشد. کارکنانی که در معرض بیشترین ریسک قرار دارند ارزیابی می شوند. اگر مواجهه این افراد مجاز باشد نتیجه گیری می شود مواجهه سایر کارکنان نیز قابل قبول است.

مدت زمان نمونه برداری

عوامل مؤثر در انتخاب مدت زمان نمونه برداری:

- هدف نمونه برداری
- نوع حد مجاز مواجهه شغلی (TWA – STEL – Ceiling)
- حداقل حجم (بر مبنای LOD) و حداکثر حجم (ظرفیت مدیا) نمونه برداری
- شرایط محیطی (دما، تراکم آلاینده و ...)
- توکسیکوکینتیک آلاینده در بدن انسان (اثر مزمن / حاد)

نمونه طرح پایش

عنوان شغلی	منبع مواجهه	آلاینده ها	روش نمونه برداری	تعداد و نوع نمونه ها	مدت مواجهه	اعضای SEG	حد مجاز	ملاحظات
اپراتور خط لوله	گازولین	بنزن Benzene	فردی NIOSH 1501	۲-۴ نمونه TWA	۷ ساعت	۳ نفر	TWA:0.5 ppm	نمونه برداری بدترین مورد – روزهای گرم با وزش باد کم – مواجهه یکنواخت است.
اپراتور مخازن نفت خام	نفت خام ترش	H_2S	دتکتور تیوب	۲ نمونه آنی از هر مخزن	۳۰ دقیقه حین وظیفه شارژ	۲ نفر	STEL:5 PPM TWA:1 PPM	نمونه برداری بدترین مورد
اپراتور گریس کاری	روغن روانکاری	میست روغن	فردی NIOSH 5026	۱ نمونه فول شیفت TWA	۷ ساعت	۵ نفر	TWA: 1 mg/m3	مواجهه بدترین مورد
آبکاری	وان اسید	HCL	فردی OSHA 174	۳-۶ نمونه آنی	۵ ساعت	۲ نفر	C: 2 ppm	مواجهه بدترین مورد
جوشکار	فیوم های جوشکاری	Fe Mn Cu	فردی NIOSH 7300	۲-۳ نمونه TWA	۲ ساعت	۴ نفر	Fe2o3: 5(R) Mn: 0.02 (R) Cu: 0.2	مواجهه بدترین مورد در روزهای سرد که درهای کارگاه بسته است.

محاسبات فنی مواجهه شغلی

- Sampling Volume (Lit) ➔ $Q = \frac{V}{t}$
- Laboratory Concentration (c) ➔ μgr
- Particle Concentration (mg/m3) ➔ $C = \frac{\mu gr}{Lit}$
- Vapor Concentration (ppm) ➔ $ppm = \frac{\frac{mg}{m3} \times 24.45}{MW}$

$$TWA = \frac{C_1 t_1 + \cdots + C_n t_n}{T}$$

- C: Concentration of each sample
- t: Duration of each sample
- T: Exposure time related to standard

❖ LCL - UCL

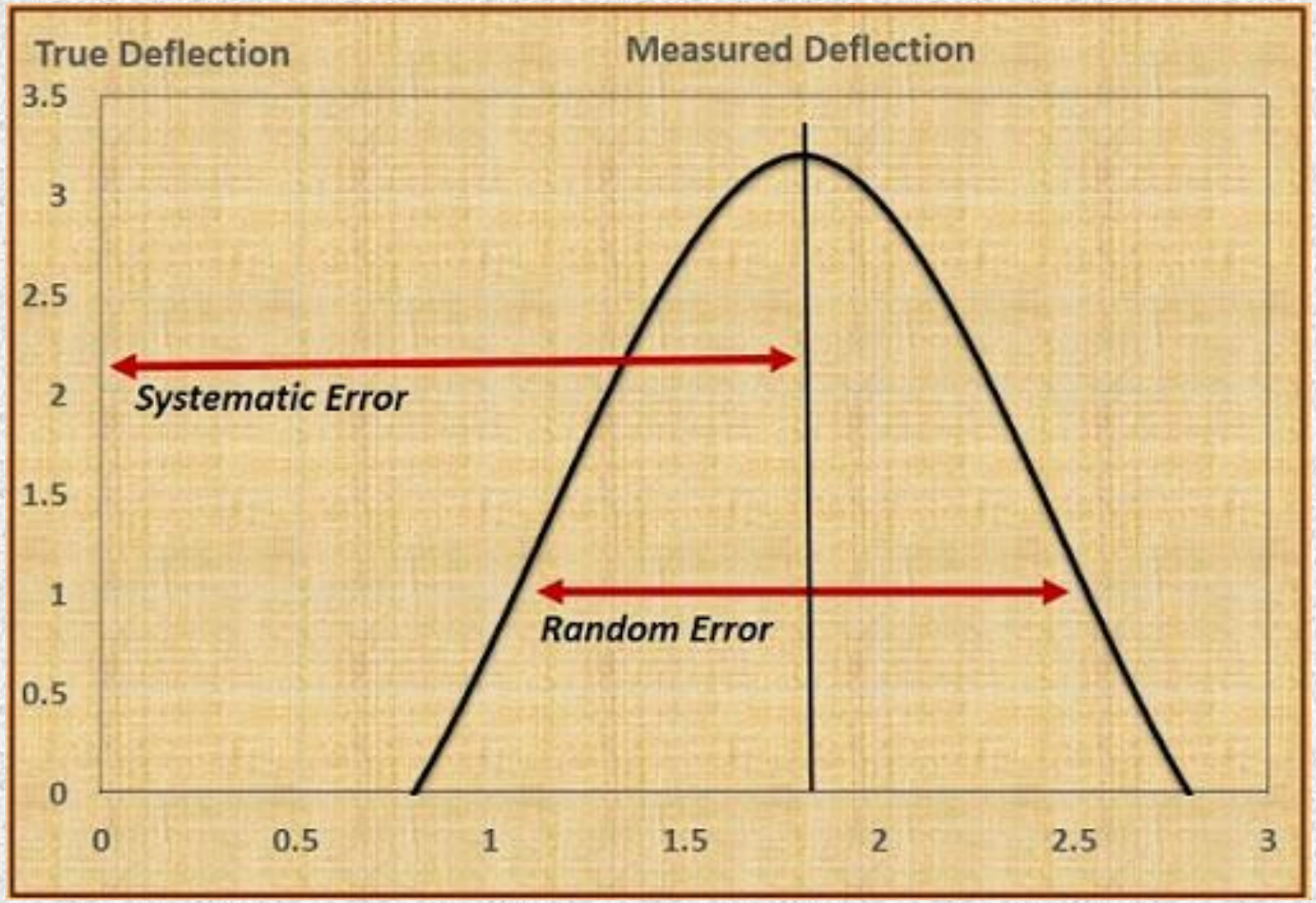
خطاهای اندازه گیری

- **خطاهای سیستماتیک (Bias):** اختلاف بین میانگین نتایج سنجش های انجام شده با مقدار واقعی آن در شرایط یکسان. ← با بکارگیری برنامه های کنترل کیفیت مبتنی بر آنالیز آماری می توان اثر آن ها را به حداقل رساند – استفاده از Spiked samples - تصحیح داده ها (Set point)
  - کالیبراسیون نادرست – استفاده نادرست از تجهیزات – خطا در ثبت داده ها – خطای محاسباتی – جابجایی کارگر به محیط کاری دیگر – بستن درب و پنجره کارگاه در زمان نمونه برداری

- **خطاهای تصادفی:** اختلاف بین نتیجه یک سنجش با میانگین نتایج تعداد زیادی از سنجش های انجام شده در شرایط یکسان. ← با روش های آماری قابل محاسبه هستند.

نوسان در تراکم آلاینده طی یک روز یا روزهای مختلف – نوسان تصادفی در میزان دبی

خطاهای اندازه گیری



حذف نتایج پرت با قانون Q

- نتایج پرت نتایجی هستند که با میانگین نتایج بطور غیرمعمول اختلاف زیادی دارند.
- مقدار Q را محاسبه نموده و با مقدار Q جدول در سطح اطمینان مورد نظر مقایسه نمایید. جنانچه مقدار محاسبه شده از مقدار جدول بیشتر باشد عدد را حذف نمایید.

$$Q = \frac{a_n - a_1}{R}$$

تعداد نمونه	٪۶۸	٪۹۰	٪۹۵	٪۹۹
۳	۰/۸۲۲	۰/۹۴۱	۰/۹۷۰	۰/۹۴۴
۴	۰/۶۰۳	۰/۷۶۵	۰/۸۲۹	۰/۹۲۶
۵	۰/۴۸۸	۰/۶۴۲	۰/۷۱۰	۰/۸۲۱
۶	۰/۴۲۱	۰/۵۶۰	۰/۶۲۵	۰/۷۴۰
۷	۰/۳۷۵	۰/۵۰۷	۰/۵۶۸	۰/۶۸۰

نقش آمار در اندازه گیری مواجهه شغلی

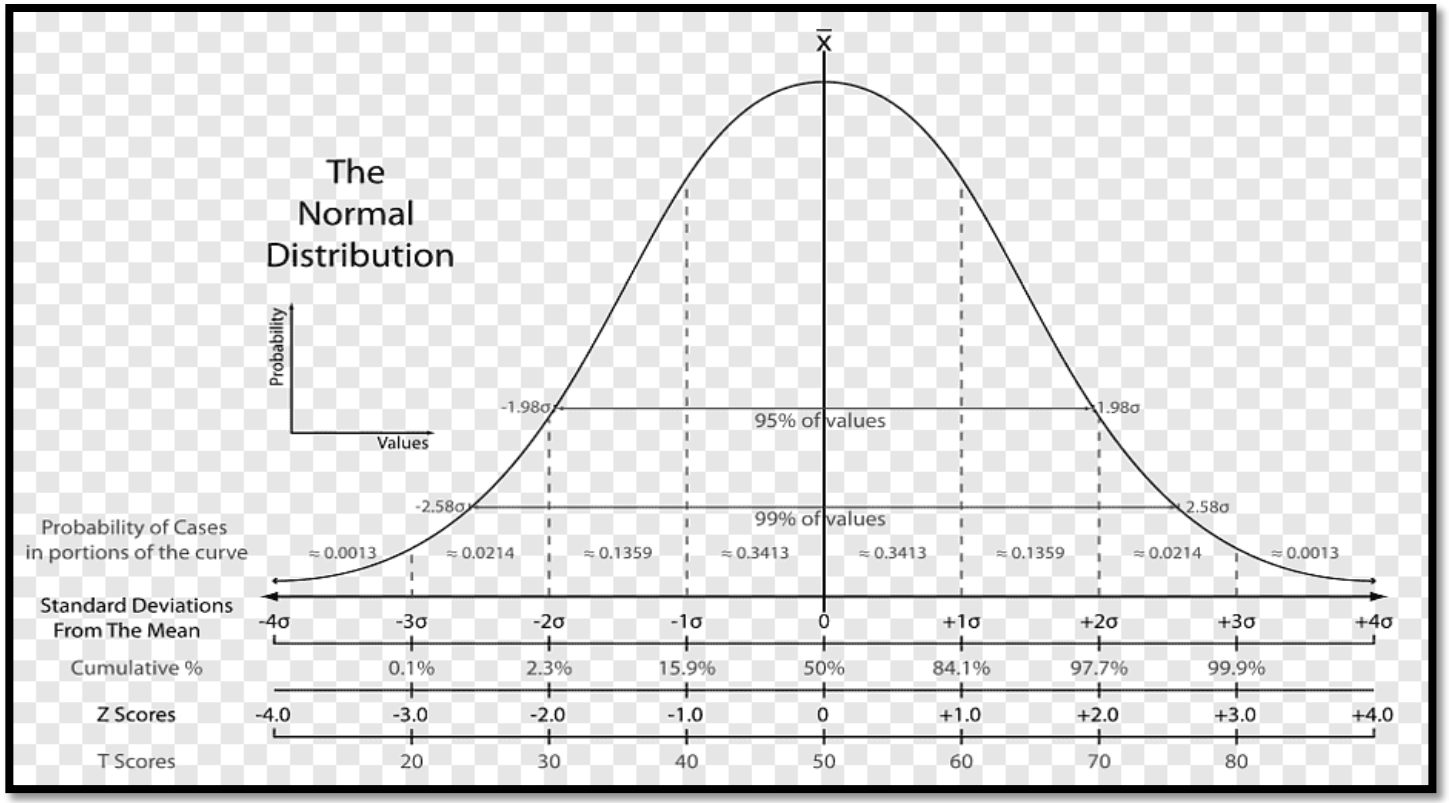
- به دلیل محدودیت های عملیاتی (منابع و زمان)، از جامعه نمونه آماری گرفته و یافته های حاصل را به کل جامعه تعمیم می دهیم.
- بدلیل وجود خطاهای تصادفی در اندازه گیری، محاسبه متوسط مواجهه از اندازه گیری ها تنها برآورد و تخمینی از مواجهه واقعی است.
- همه روش های نمونه برداری و آنالیز، درجه ای از عدم اطمینان دارند. (SAE)
- آمار در تمام تکنیک های جمع آوری و آنالیز حضور داشته و به استنتاج از داده ها (نتیجه گیری) می پردازد.

Normal Distribution

$$P(\mu - \sigma < x < \mu + \sigma) = 0.68$$

$$P(\mu - 2\sigma < x < \mu + 2\sigma) = 0.95$$

$$P(\mu - 3\sigma < x < \mu + 3\sigma) = 0.99$$

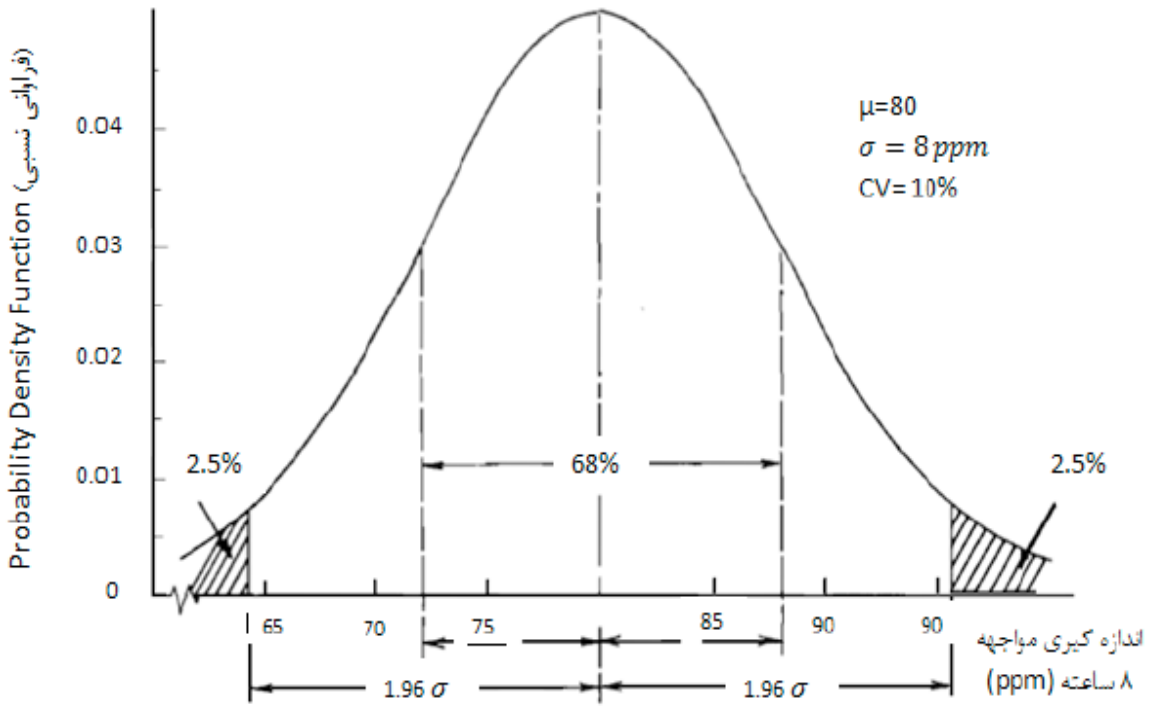


مواجهه واقعی همواره نامعلوم است. اما با دانستن ضریب تغییرات نمونه برداری و آنالیز، تعداد نمونه و فرض اینکه توزیع خطاها بصورت تصادفی است می توان حدود اطمینانی را تعیین نمود که دربرگیرنده یک حد بالا و پایین حول مقدار مواجهه اندازه گیری شده است که احتمالا میانگین واقعی در این محدوده واقع می شود.

برای اینکه بررسی شود اندازه گیری های انجام شده توزیع نرمال دارند یا خیر ۱۰-۶ نمونه تصادفی کافی است.

مگر اینکه نتایج نمونه برداری به حد مواجهه قابل قبول نزدیک باشند یا تغییر پذیری اندازه گیری وسیع باشد.

توزیع آماری نمونه ها مبتنی بر توزیع نرمال



☑ تفسیر شکل :

- فرض کنید مواجهه واقعی فرد ppm ۸۰ است.

۷۲ ppm ۸۸ ppm

- ٪۶۸ مقادیر ممکن اندازه گیری حول ($\mu - \sigma$) و ($\mu + \sigma$) متمرکز است. بنابراین با احتمال ٪۶۸ نمونه ای که گرفته شده بین $\pm$٪۱۰ متوسط مواجهه واقعی واقع می شود. یعنی ٪۳۲ احتمال دارد که نتیجه خارج از ناحیه مرکزی قرار گیرد.

۶۴/۳ ppm ۹۵/۷ ppm

- ٪۹۵ مقادیر ممکن اندازه گیری در ناحیه بین ($\mu - 1.96\,\sigma$) و ($\mu + 1.96\,\sigma$) واقع می شود.

حدود اطمینان

LCL
UCL

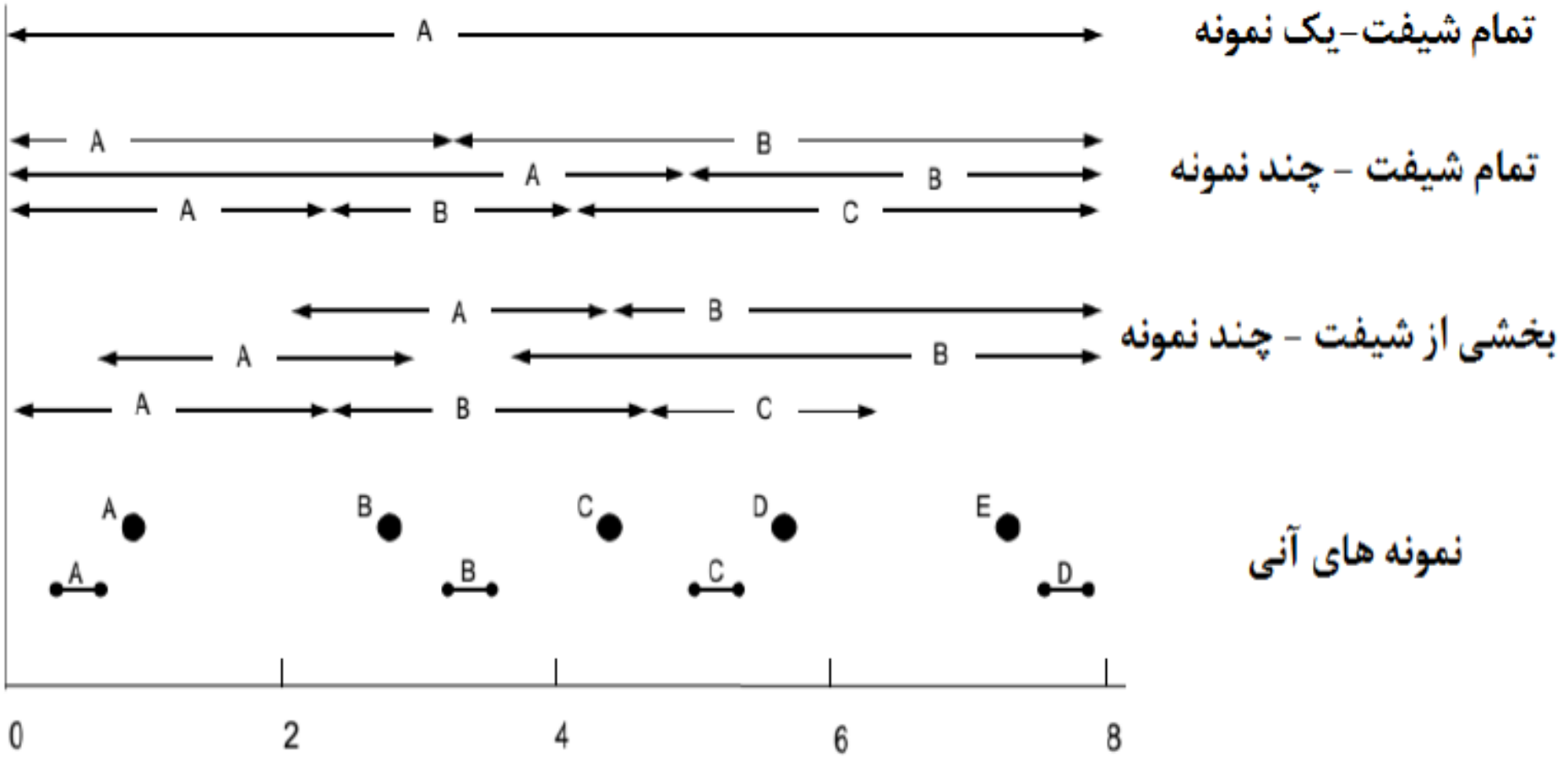
- تفاوت بین نتایج مواجهه اندازه گیری شده و میزان مواجهه واقعی، ناشی از خطاهای تصادفی است.
- بنابراین نتایج نمونه برداری به معنی تخمین یا برآوردی از مواجهه واقعی است.
- با استفاده از روش های آماری و میزان مواجهه اندازه گیری شده می توان یک حد بالا و یک حد پایین مشخص نمود و با سطح معینی از اطمینان (مثلا ۹۵٪) بیان کرد میزان مواجهه واقعی در این محدود قرار دارد.
- به عبارت دیگر، در سطح اطمینان ۹۵ ٪ از هر ۱۰۰ نمونه ۹۵ نمونه پارامتر اصلی جامعه را شامل می شود.

مقایسه با حدود مواجهه شغلی

- محاسبه حدود اطمینان (LCL – UCL)
- تصمیم گیری در خصوص مواجهه

$UCL\ (95\%) \leq 1$	• مواجهه در انطباق با OEL است.
$LCL\ (95\%) > 1$	• مواجهه در انطباق با OEL نیست.
$LCL\ (95\%) \leq 1$ and $UCL\ (95\%) > 1$	• امکان مواجهه بیش از حد وجود دارد.

مدت زمان نمونه برداری



پوشش کل شیفت با یک نمونه

$$LCL_{0.95} = \frac{TWA}{OEL_{TWA}} - 1.96\,CV_t$$

$$UCL_{0.95} = \frac{TWA}{OEL_{TWA}} + 1.96\,CV_t$$

$$SAE = Z_\alpha CV_t$$

$$CV_t = \sqrt{CV_S^2 + CV_A^2}$$

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2}}{n}$$

جدول ت- ۲ تنها برای آزمایشگاه‌هایی بکار می‌رود که به حد کافی تجهیزات نگهداری و کالیبراسیون وسایل نمونه‌برداری را در اختیار داشته و نیز دارای برنامه کنترل کیفیت[1] در آزمایشگاه تجزیه باشند.

جدول ت - ۲ ضریب تغییرات عمومی در بعضی از روشهای معمول نمونه‌برداری/ آنالیز

روش نمونه‌برداری/ آنالیز	CV
لوله‌های آشکارساز کلرومتریک	۰/۱۴
روتامتر روی پمپ فردی (صرفاً نمونه‌برداری)	۰/۰۵
لوله‌های زغال فعال (نمونه‌برداری/ آنالیز)	۰/۱۰
آزبست (نمونه‌برداری/ شمارش)	۰/۳۸ -۰/۲۴
گردوغبارهای قابل تنفس بجز گردوغبار زغال سنگ (نمونه‌برداری/ وزن سنجی)	۰/۰۹
گردوغبارهای درشت (نمونه‌برداری/ آنالیز)	۰/۰۵

پوشش کل شیفت با یک نمونه

فردی در یک شیفت کاری ۸ ساعته با بخارات تولوئن مواجهه دارد. یک نمونه ۸ ساعته از کل شیفت کاری جمع آوری شده است. آزمایشگاه مواجهه فرد را 16 ppm و ضریب تغییرات روش نمونه برداری و آنالیز را ۰/۰۷۰ گزارش کرده است. حد مواجهه شغلی تولوئن 20 ppm است. آیا مواجهه این فرد در انطباق با OEL است؟

حل:

$$LCL_{0.95} = \frac{16}{20} - 1.96\,(0.07) = 0.66$$

$$UCL_{0.95} = \frac{16}{20} + 1.96\,(0.07) = 0.93$$

با سطح اطمینان ۹۵٪ متوسط وزنی-زمانی مواجهه کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی قرار دارد.

پوشش کل شیفت با چند نمونه- مواجهه یکنواخت باشد

$$LCL_{0.95} = \frac{TWA}{OEL_{TWA}} - \frac{1.96\ CV_t\sqrt{T_1^2+T_2^2+\cdots+T_n^2}}{T_1+T_2+T_n}$$

$$UCL_{0.95} = \frac{TWA}{OEL_{TWA}} + \frac{1.96\ CV_t\sqrt{T_1^2+T_2^2+\cdots+T_n^2}}{T_1+T_2+T_n}$$

فرض بر این است که دوره های زمانی نمونه برداری دارای متوسط تراکم برابر هستند.

پوشش کل شیفت با چند نمونه- مواجهه غیریکنواخت باشد

$$LCL_{0.95} = \frac{TWA}{OEL_{TWA}} - \frac{1.96\ CV_t \sqrt{T_1^2 C_1^2 + T_2^2 C_2^2 + \cdots + T_n^2 C_n^2}}{(OEL_{TWA})\ (T_1 + T_2 + T_n) \sqrt{1 + CV_t^2}}$$

$$UCL_{0.95} = \frac{TWA}{OEL_{TWA}} + \frac{1.96\ CV_t \sqrt{T_1^2 C_1^2 + T_2^2 C_2^2 + \cdots + T_n^2 C_n^2}}{(OEL_{TWA})\ (T_1 + T_2 + T_n) \sqrt{1 + CV_t^2}}$$

بدلیل وضعیت متفاوت مواجهه طی شیفت کاری، نمونه ها اختلاف قابل توجهی با هم دارند.

پوشش کل شیفت با چند نمونه (مثال)

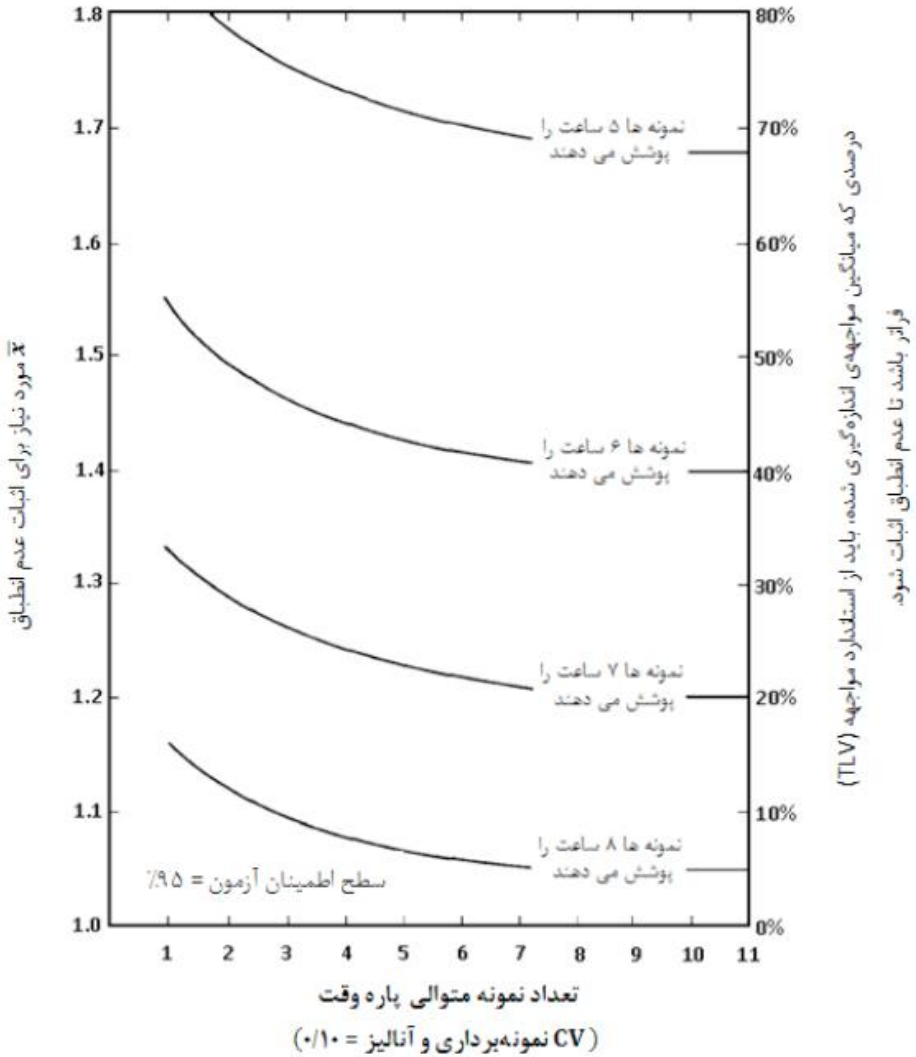
سه نمونه متوالی از ناحیه تنفسی فردی که با بخارات اتیل بنزن مواجهه دارد جمع آوری شده است. مدت زمان نمونه برداری برای هر نمونه به ترتیب ۲۳۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ دقیقه است. آزمایشگاه تراکم اتیل بنزن در هر نمونه را به ترتیب ۱۶ ppm ، ۱۸ ppm و ۱۳ ppm گزارش می کند. ضریب تغییرات نمونه برداری و آنالیز ۰/۰۸ است. حد مواجهه شغلی اتیل بنزن نیز ۲۰ ppm است. مواجهه این فرد را چگونه ارزیابی می کنید؟

حل:

$\mathrm{TWA} = 15.48\ \mathrm{ppm}$
$\mathrm{LCL} = 0.679$
$\mathrm{UCL} = 0.869$

با سطح اطمینان ۹۵٪ متوسط وزنی-زمانی مواجهه کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی قرار دارد.

پوشش بخشی از شیفت کاری با یک یا چند نمونه متوالی



- ✓ مشکل عمده در این نوع اندازه گیری تعیین تکلیف دوره زمانی است که نمونه برداری نشده است.
- ✓ آزمون های آماری برای این وضعیت کاملا معتبر نیستند.
- ✓ تفاوت در عادات کاری کارگر و عملیات کاری برای طی دوره های زمانی نمونه برداری شده و نشده شیفت کاری
- ✓ به دلیل وجود عدم قطعیت بالا، تا حد امکان از انجام این روش خودداری کنید.
- ✓ در این روش دوره زمانی نمونه برداری باید حداقل ۸۰-۷۰ ٪ تمام دوره زمانی را پوشش دهد.

پوشش بخشی از شیفت کاری با یک یا چند نمونه متوالی

الف- در زمان هایی از کار مواجهه اتفاق نمی افتد:

- حدود اطمینان را همانند محاسبات مربوط به « نمونه برداری در تمام طول مدت شیفت کاری با چند نمونه متوالی» محاسبه نمایید.

پوشش دادن بخشی از شیفت کاری با یک یا چند نمونه متوالی – مثال ۱

دو نمونه متوالی از ناحیه تنفسی برای تعیین مواجهه فردی که با بخارات اتیل بنزن مواجهه دارد جمع آوری شده است. مدت زمان نمونه برداری برای هر نمونه به ترتیب ۲۳۰ و ۱۵۰ دقیقه است. آزمایشگاه تراکم اتیل بنزن در هر نمونه را به ترتیب 16 ppm و 13 ppm گزارش کرده است. ضریب تغییرات روش نمونه برداری و آنالیز ۰/۰۸ است. (OEL-TWA= 20 ppm). مواجهه این فرد را چگونه ارزیابی می کنید.

حل:

$TWA = 11.73\ ppm$

$LCL = 0.46$

$UCL = 0.7$

پوشش بخشی از شیفت کاری با یک یا چند نمونه متوالی

ب- فرد در تمام مدت شیفت کاری مواجهه دارد؛ اما بنا به دلایل اقتصادی/عملیاتی امکان نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری وجود ندارد:

- LCL را همانند محاسبات مربوط به «نمونه برداری در تمام طول مدت شیفت کاری با چند نمونه متوالی» محاسبه نمایید.
- شاخص PPL را محاسبه نمایید.

$$PPL = \frac{\text{طول دوره استاندارد}}{\text{کل زمان نمونه ها}}$$

- اگر LCL>PPL باشد مواجهه از حد مجاز فراتر رفته است.
- اگر LCL≤ PPL و (TWA/OEL) >PPL باشد امکان مواجهه بیش از حد مجاز وجود دارد.
- اگر (TWA/OEL) ≤ PPL باشد مواجهه در حد مجاز می باشد.

پوشش بخشی از شیفت کاری با یک یا چند نمونه متوالی

فرض کنید در مثال قبل، امکان نمونه برداری در تمام شیفت وجود نداشته و نمونه برداری تنها به مدت ۶/۳۴ ساعت انجام شده و مشخص نیست در مدت ۱۰۰ دقیقه (۱/۶۶ ساعت) که نمونه برداری انجام نشده فرد چه مواجهه ای داشته است.

$$\mathrm{OEL} = 20\ \mathrm{ppm}$$

$$\mathrm{PPL} = \frac{8}{6.34} = 1.26$$

$$\mathrm{TWA} = 11.73$$

$$\mathrm{TWA/OEL} = 0.58$$

$$\mathrm{LCL} = 0.46$$

از آنجا که $\mathrm{LCL} \leq \mathrm{PPL}$ و $(\mathrm{TWA/OEL}) \leq \mathrm{PPL}$ است بنابراین مواجهه فرد در حد مجاز مواجهه شغلی می باشد.

نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری با نمونه های آنی (گراب)

- حداقل تعداد اندازه گیری: ۱۱-۸ نمونه (برای برآورد غلظت TWA زمان های نمونه برداری گراب، تصادفی انتخاب شود)
- برای بیش از ۳۰ نمونه گراب (دارای توزیع نرمال است) مشابه روابط زیر عمل می کنیم:

$$LCL_{0.95} = \overline{X} - \frac{1.96\,S}{\sqrt{n}}$$

$$UCL_{0.95} = \overline{X} + \frac{1.96\,S}{\sqrt{n}}$$

- اگر $LCL > 1$ باشد مواجهه از حد مجاز شغلی فراتر رفته است.
- اگر $LCL \leq 1$ و $\overline{X} > 1$ باشد امکان مواجهه بیش از حد مجاز وجود دارد.
- اگر $UCL \leq 1$ باشد مواجهه در حد مجاز می باشد.
- اگر $UCL > 1$ باشد امکان مواجهه بیش از حد مجاز وجود دارد.

نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری با نمونه های آنی(گراب)

نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری با نمونه های آنی – مثال

برای پایش مواجهه با اوزون از دستگاه قرائت مستقیم دیجیتال استفاده شده است. تعداد ۳۵ قرائت مستقیم به طور تصادفی در طول شیفت کاری ۸ ساعته به ثبت رسیده است (OEL-TWA – 0.1 ppm). نتایج به شرح ذیل است:

۰/۱۰۱	۰/۰۸۴	۰/۱۴۵	۰/۰۷۷	۰/۰۷۲	۰/۱۰۱	۰/۰۵۷	۰/۱۲۷	۰/۰۶۲	۰/۰۸۴
۰/۰۸۴	۰/۰۶۹	۰/۰۷۳	۰/۰۶۷	۰/۰۷۸	۰/۰۷۹	۰/۰۴۳	۰/۰۷۶	۰/۱۲۵	۰/۱۰۵
۰/۰۹۲	۰/۰۴۸	۰/۰۷۰	۰/۰۷۵	۰/۱۰۳	۰/۰۷۱	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵	۰/۰۶۶	۰/۰۶۱
				۰/۱۰۷	۰/۰۵۷	۰/۱۱۰	۰/۱۰۹	۰/۰۶۶	

نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری با نمونه های آنی (گراب)

ابتدا مقادیر اندازه گیری شده را به حد مواجهه شغلی (OEL-TWA) اوزون تقسیم می کنیم:

۱/۰۱	۰/۸۴	۱/۴۵	۰/۷۷	۰/۷۲	۱/۰۱	۰/۵۷	۱/۱۲	۰/۶۲	۰/۸۴
۰/۸۴	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۴۳	۰/۷۶	۱/۲۵	۱/۰۵
۰/۹۲	۰/۴۸	۰/۷۰	۰/۷۵	۱/۰۳	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۶۶	۰/۶۱
۱/۰۷	۰/۵۷	۱/۱۰	۱/۰۹	۰/۶۶					

نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری با نمونه های آنی(گراب)

نمونه برداری در بخشی از شیفت کاری با نمونه های آنی - مثال

سپس، میانگین حسابی و انحراف معیار داده ها را حساب می کنیم:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = 0{,}831$$

$$SD = \frac{\sqrt{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}}{n - 1} = 0{,}230$$

در ادامه

$$\mathrm{LCL}_{0,95} = \bar{\mathrm{x}} - \frac{1.645\ \mathrm{s}}{\sqrt{\mathrm{n}}} = 0{,}831 - \frac{1{,}645 \times 0{,}230}{\sqrt{35}} = 0{,}767$$

$$\mathrm{UCL}_{0,95} = \bar{\mathrm{x}} + \frac{1.645\ \mathrm{s}}{\sqrt{\mathrm{n}}} = 0{,}831 + \frac{1{,}645 \times 0{,}230}{\sqrt{35}} = 0{,}895$$

ارزیابی مواجهه در استاندارد سقف – TLV_C

- نمونه ها بصورت غیرتصادفی و در دوره های زمانی که انتظار می رود تراکم هوابرد ماده در حداکثر مقدار خود است جمع آوری می گردد.
- مدت زمان نمونه برداری از این نظر مهم است که باید نمونه کافی برای روش آنالیز جمع آوری شود. (به حداقل حجم نمونه در متد توجه شود)
- حداقل ۳ نمونه در یک شیفت کاری جمع آوری شود.

ارزیابی مواجهه در استاندارد سقف – TLV_C

❖ **دسته بندی بر اساس دوره های زمانی نمونه برداری شده:**

کارگری طی شیفت کاری در معرض مواجهه با HCl قرار دارد. حد مجاز سقف آن برابر ۲ ppm است. ۵ دوره زمانی انتخاب شده و در هر دوره به مدت ۱۰ دقیقه نمونه برداری می گردد. ضریب تغییرات روش ۰/۲۲۵ است. گزارش آزمایشگاه به شرح ذیل است:

x_1=1 ppm , x_2=1.5 ppm , x_3=1.3 ppm , x_4=3.5 ppm , x_5=3 ppm

الف- بزرگترین مقدار اندازه گیری را انتخاب کنید.

ب- مقدار حداکثر نسبی سقف را محاسبه کنید. $\frac{3.5}{2} = 1.75$

$LCL_{95\%} = 1.75 - 1.96\ (0.225) = 1.3$

$UCL_{95\%} = 1.75 + 1.96\ (0.225) = 2.19$

ارزیابی مواجهه با مواد دارای اثر افزایشی

$$Y_{mixture} = \frac{C_1}{TLV_1} + \cdots + \frac{C_n}{TLV_n}$$

- برای آلاینده هایی که در نمونه های مستقل جمع آوری می شوند:

$$R_1 = \frac{Y_1}{Y_{mixture}} \quad , \quad R_2 = \frac{Y_2}{Y_{mixture}} \quad , \quad R_3 = \frac{Y_3}{Y_{mixture}}$$

$$SAE_{mixture} = \sqrt{(R_1 SAE_1)^2 + (R_2 SAE_2)^2 + \cdots}$$

- برای آنالیز چند آنالیت در یک نمونه، SAE_{high} برآورد دقیق تری نسبت به $SAE_{mixture}$ فراهم می کند.

ارزیابی مواجهه با مواد دارای اثر افزایشی

$$LCL_{mixture} = Y_{mixture} - SAE_{mixture}$$
$$UCL_{mixture} = Y_{mixture} + SAE_{mixture}$$

- اگر $UCL_{mixture} < 1$ با اطمینان ۹۵٪ مواجهه مجاز است.
- اگر $UCL_{mixture} > 1$ و اگر $LCL_{mixture} < 1$ باشد احتمال مواجهه بیش از حد وجود دارد.
- اگر $LCL_{mixture} > 1$ با اطمینان ۹۵٪ مواجهه بیش از حد مجاز است.

THANKS...

Do you have any questions?

saeednoori1281@gmail.com
+8642229891