

فصل ۱

مقدمه ای بر پایش مواجهه کارگر با آلاینده ها

چکیده

حفظ سلامت کارکنان مستلزم پایش میزان مواجهه آنها با آلاینده‌های محیط کار، خصوصاً آلاینده‌های هوابرد است. این مبتنی بر این اصل است که بدن انسان قادر است حد مشخصی از تماس آلاینده‌ها را تحمل نماید بدون آنکه به اندام‌های بدن آسیبی وارد شود. به عبارت دیگر به این مقدار حد بی‌خطر گویند. مهمترین اصطلاح در این خصوص حد مجاز مواجهه است که در کشورهای مختلف واژه‌های مختلفی بخود گرفته است. به این معنی که مواجهه با مقادیر کمتر از آن سلامت کارکنان را تا حد قابل قبولی تضمین می‌کند. در ایران این حدود با واژه حد مجاز تماس شغلی (AOE) شناخته می‌شود. در اغلب متون علمی مرتبط اصطلاح مقدار حد آستانه (TLV) بکار می‌رود. این اصطلاحات در متن به تفصیل توضیح داده می‌شوند. حد مجاز مواجهه شغلی با آلاینده‌های هوابرد بسته به شرایط تحت عناوینی چون حد مجاز مواجهه سقف، حد مجاز مواجهه کوتاه مدت مطرح می‌شود. فرآیند شناسایی و ارزشیابی مواجهه کارکنان یک امر مداوم بوده و باید در فواصل زمانی معین تکرار گردد. در این حوزه راهنمای انجمن ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. نقش آمار در اندازه‌گیری میزان مواجهه کارکنان و به حداقل رساندن خطاهای تصادفی در مبحث اندازه‌گیری مواجهه کارکنان با آلاینده‌های هوابرد بسیار حائز اهمیت است.

۱-۱ کلیات

فرآیند صنعتی شدن و بکارگیری نیروی کار در حجم گسترده باعث گردید شغل و محیط کار بعنوان فاکتورهای تاثیرگذار در سلامت انسان بیش از پیش شناخته شوند. این روند بگونه‌ای است که آمار بیماری‌های شغلی بصورت سالیانه در اغلب کشورها گزارش می‌شوند و هزینه‌های قابل توجهی نیز بدنبال دارند. انجمن بهداشت صنعتی ایالات متحده^۱ (AIHA)، بهداشت صنعتی را این گونه معرفی می‌کند: "علم و هنری که به شناسایی، ارزشیابی، و کنترل آن دسته از فاکتورهای محیطی یا استرس‌های موجود در محیط کار می‌پردازد، که ممکن است باعث بیماری، ناراحتی یا سلب آسایش جدی، و افت راندمان کاری کارکنان یا شهروندان یک جامعه شود." شناسایی و ارزشیابی مواجهه کارکنان با مواد شیمیایی سمی و سایر عوامل زیان‌آور موجود در محیط کار دو عنصر حیاتی برای حفاظت از سلامت آنها بشمار می‌روند. این کتاب راهنمایی در جهت شناسایی مواد شیمیایی سمی و عوامل زیان‌آور موجود در محیط کار و ارزشیابی مواجهه کارکنان است.

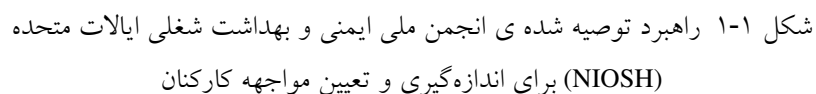
در جدول ۱-۱ مجموعه سؤالاتی است که هنگام طراحی برنامه پایش مواجهه باید پاسخ داده شوند. قسمت‌هایی از کتاب که مربوط به این سؤالات است در ستون مقابل ذکر شده است.

جدول ۱-۱ چک لیست پایش مواجهه کارکنان	پاسخ	رجوع شود به
آیا ماده سمی یا خطرناکی در محیط کار وجود دارد که انتشار آن در هوای محیط کار محتمل باشد؟	بله....	خیر.. فصل ۲
اگر "بله"، آیا برای هر ماده سمی رسماً مشخص شده که کدامیک از کارکنان در مواجهه با آلاینده‌های هواپرد آن قرار دارند؟	بله....	خیر.. فصل ۲
اگر سوال ۲ "بله"، آیا این تشخیص حداقل موارد زیر را شامل می‌شود: هرگونه اطلاعات، مشاهدات، یا محاسباتی که بتواند مواجهه کارکنان را نشان	بله....	خیر.. فصل ۲

1. American Industrial Hygiene Association (AIHA)

جدول ۱-۱ چک لیست پایش مواجهه کارکنان	پاسخ	رجوع شود به
دهد؟ اگر کارکنان در معرض مواد سمی هستند، آیا عنوان شده که میزان مواجهه در سطح اقدام^۱ یا بالاتر از آن است؟ آیا هیچ یک از کارکنان از علائم مربوط به مواجهه شکایت دارند؟ تاریخ تشخیص مواجهه، نوع فعالیت، موقعیت آن در محیط کار، نام و شماره ملی کارکنانی که احتمالاً در معرض قرار گرفته‌اند. هرگونه اندازه‌گیری تراکم آلاینده (فردی یا محیطی) صورت گرفته؟ هرگونه نتیجه حاصل از معاینات پزشکی که به مواجهات احتمالی اشاره کند؟		
براساس مقادیر ثبت شده، آیا به لحاظ منطقی این احتمال وجود دارد که کارکنان با مقادیر بالاتر از سطح اقدام مواجهه داشته باشند؟ اگر "بله"، آیا مواجهه کارکنانی که بالاترین احتمال بیشترین مواجهه را دارند، اندازه‌گیری شده است (افرادی که بالاترین ریسک را دارند)؟	بله....	خیر.. فصل ۲
اگر "خیر"، آیا به هنگام تغییر در فرآیند تولید، یا اقدامات کنترلی که ممکن است منجر به افزایش تراکم هرگونه ماده‌ای در مرحله ۲ شود، مرحله ۲ و مراحل بعدی را تکرار کرده‌اید؟	بله....	خیر.. فصل ۳
اگر هر کدام از مواجهات اندازه‌گیری شده بیانگر مواجهه با مقادیر بیش از سطح اقدام است آیا : همه کارکنانی که این‌گونه مواجهه دارند شناسایی شده‌اند؟ از آنها نمونه‌برداری شده است؟ آیا همه کارکنان بر اساس میزان مواجهه در دسته‌های "مواجهه بیش از حد"، "احتمال مواجهه بیش از حد"، یا "مواجهه در حد مجاز"، طبقه‌بندی شده‌اند؟	بله....	خیر.. فصل ۳، ۴

جدول ۱-۱ چک لیست پایش مواجهه کارکنان	پاسخ	رجوع شود به
آیا بر اساس طبقه‌بندی فوق، اقدامات زیر را انجام داده‌اید: نمونه‌برداری مجدد از افراد دارای مواجهه بیش از حد مجاز در عرض ۱ ماه و تصمیم‌گیری مبنی بر اینکه آیا لازم است کنترلی انجام شود؟ نمونه‌برداری مجدد از افرادی که احتمال مواجهه بیش از حد دارند در عرض ۲ ماه و در صورت نیاز طبقه‌بندی مجدد آنها؟ هر ۲ ماه (یا زمانی که تغییری در عملیات رخ می‌دهد) نمونه‌برداری مجدد از افرادی که مواجهه در حد مجاز دارند و در صورت نیاز طبقه‌بندی مجدد آنها؟	بله....	خیر.. فصل ۳ و ۴
آیا کارکنانی که مواجهه بیش از حد مجاز دارند، به آنها اطلاع داده شده است؟	بله....	خیر..
آیا همه مواجهات اندازه‌گیری شده کارکنان به خوبی ثبت و بایگانی شده‌اند؟	بله....	خیر.. بخش ۳-۶
آیا کنترل‌های مناسب برای افرادی که در معرض مواجهه بوده و نیاز به کنترل دارند، انجام شده است؟	بله....	خیر..



ارزشیابی درست مواجهه کارکنان نیازمند اندازه‌گیری مواجهه بصورت کمی و معتبر، تفسیر این اندازه‌گیری‌ها در سایه تجربه، و بکارگیری قضاوت تخصصی، جهت تعیین میزان مواجهه است. راهبرد نمونه‌برداری (فصل ۲ و ۳) و روش‌های آنالیز آماری (فصل ۴) ابزارهایی هستند که به طراحی و اجرای برنامه پایش مواجهه شغلی کارکنان کمک می‌کنند. این دستورالعمل-ها تنها ابزاری برای رسیدن به هدف هستند و نه خود هدف. در تمام موارد باید از افتادن به دام بازی با اعداد اجتناب کرده و به این اندیشید که، بین آنچه داده‌ها نشان می‌دهند و آنچه کارکنان با آن مواجهند، چه ارتباطی وجود دارد.

۱-۲ سابقه پایش مواجهه کارگر

در این حوزه از مهندسی بهداشت حرفه‌ای (مواجهه با مواد)، کنترل محیط کار بر این فرض استوار است که برای هر ماده، سطح ایمن یا قابل تحملی از مواجهه وجود دارد که مواجهه با مقادیر کمتر از آن منجر به اثر سوء قابل توجهی نخواهد شد. به این مقادیر اصطلاحاً مقادیر حد آستانه^۱ (TLV) گفته می‌شود. البته مقادیر حد آستانه به حدود مجاز مواجهه شغلی انتشار یافته از سوی کمیته ACGIH^۲ نیز اطلاق شده و هر سال بر اساس اطلاعات جدید به روز می‌شود. به این مقادیر اصطلاحاً TLV گفته می‌شود که تحت عنوان کتابچه TLV انتشار می‌یابد. این اطلاعات به کارشناس بهداشت حرفه‌ای در قضاوت تخصصی هنگام استفاده از TLVs کمک می‌کند. در ارتباط با TLV نکات مهمی وجود دارد. اول اینکه اصطلاح TLV نشان تجاری کمیته ACGIH است و نباید آن را با PEL^۳ که استاندارد لازم‌الاجرای سازمان OSHA^۴ است، یکسان فرض کرد. چون دفترچه TLV سالیانه به روز می‌شود، به هنگام استفاده از آن باید سال انتشار آن نیز ذکر گردد. دوم اینکه مقادیر TLV لازم‌الاجرا نبوده و صرفاً انعکاس دهنده آخرین توصیه‌های تخصصی در ارتباط با مواجهه کارگر با مواد یا عوامل خاص است.

1 . Threshold Limit Value (TLV)

2 . American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

3 . Permissible Exposure Limit (PEL)

4 . Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

مقدار حد آستانه (TLV): مواد شیمیایی معلق در هوا در غلظت‌های بخصوص، فاقد اثرات سوء بر سلامتی انسان هستند بطوریکه اگر شاغلین بطور مستمر و هر روز با این غلظت‌ها در تماس باشند عارضه‌ای در آنها بروز نخواهد کرد. این مقادیر را اصطلاحاً TLV می‌نامند. اما بدلیل تفاوت در حساسیت افراد، این احتمال وجود دارد که درصد جزئی از شاغلین در تماس با غلظت‌هایی برابر یا حتی کمتر از TLV احساس ناراحتی نمایند یا بیماری قبلی آنها تشدید شده و یا به بیماری شغلی مبتلا شوند.

متوسط سنجش زمانی (TWA): متوسط سنجش زمانی^۱ عبارت است از متوسط غلظت مجاز ماده شیمیایی در ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار در هفته بطوریکه مواجهه مستمر و روز به روز با این مقدار تقریباً در هیچ یک از کارگران باعث ایجاد عارضه نامطلوب نگردد مشروط بر اینکه فاصله زمانی بین پایان ۸ ساعت کار و شروع مجدد آن کمتر از ۱۶ ساعت نباشد زیرا گمان می‌رود دستگاه‌های دفاعی بدن بتوانند سموم حاصل از ۸ ساعت کار را دفع یا بوسیله پدیده‌های بیولوژیکی خنثی نمایند.

حد تماس شغلی کوتاه مدت (STEL): حد مواجهه شغلی کوتاه مدت^۲ عبارت است از غلظتی از ماده شیمیایی که تماس کوتاه مدت با آن باعث ایجاد عوارض زیر نگردد:

الف: تحریک ب: تغییرات غیرقابل برگشت ج: خواب آلودگی به نحوی که باعث ایجاد حادثه شده و یا عکس‌العمل‌های فرد برای دور شدن از عامل حادثه‌ساز را مختل و یا کارایی وی را کاهش دهد.

حد مواجهه STEL برای آندسته از مواد شیمیایی توصیه شده است که علاوه بر اثرات سمی مزمن، دارای اثرات حاد شناخته شده نیز هستند. زمان مواجهه شغلی کوتاه مدت نباید از ۱۵ دقیقه تجاوز نماید. این زمان ۱۵ دقیقه‌ای می‌تواند حداکثر ۴ بار در طول ۸ ساعت کار مداوم تکرار شود، مشروط بر اینکه فاصله بین دو دوره ۱۵ دقیقه‌ای از ۶۰ دقیقه کمتر نباشد. در هر حال STEL یک حد مواجهه مستقل و جداگانه نیست بلکه مکمل حد TWA می‌باشد. در هر حال میزان TLV – TWA (حد مواجهه شغلی – متوسط سنجش زمانی) نباید از حد روزانه توصیه شده فزونی یابد.

1. Time weighted average (TWA)

2. Short Term Exposure Level (STEL)

حد مواجهه شغلی سقف (TLV-Ceiling): حد مواجهه شغلی سقف عبارت است از غلظتی که مواجهه شغلی با بیش از آن حتی برای یک لحظه نیز مجاز نیست. حدود تماس شغلی در ایران که تحت عنوان مواجهه مجاز شغلی^۱ AOE مطرح است، همانطور که در دیباچه آن بیان شده، برگرفته از مقادیر TLV کمیته ACGIH می‌باشند. در شکل ۱-۱ راهبرد انجمن ملی ایمنی و بهداشت شغلی ایالات متحده (NIOSH) در اندازه‌گیری و تعیین مواجهه کارکنان ارائه شده است.

سطح اقدام (Action Limit): سطح اقدام مقدار تراکمی از ماده آلاینده است که رسیدن آلاینده به این مقدار اجرای مقررات خاصی نظیر اندازه‌گیری دوره‌ای مواجهه، آموزش کارکنان، انجام مراقبت‌های پزشکی ضرورت می‌یابد. سازمان OSHA نصف حد مجاز مواجهه را بعنوان سطح اقدام معرفی می‌کند.

۱-۳ نقش آمار در اندازه‌گیری مواجهه شغلی

یکی از مهمترین هدف‌های هر برنامه بهداشت حرفه‌ای ارزیابی دقیق مواجهات شغلی با آلاینده‌های هوا برد از طریق اندازه‌گیری است. استفاده از آمار در فرآیند ارزیابی لازم است زیرا تمام اندازه‌گیری‌هایی که روی خصوصیات فیزیکی انجام می‌گیرد، مقداری خطای تصادفی غیر قابل اجتناب در اندازه‌گیری دارند. یعنی در اثر خطاهای تصادفی در اندازه‌گیری، محاسبه‌ی متوسط مواجهه از اندازه‌گیری‌های بعمل آمده، تنها برآورد و تخمینی از میزان متوسط مواجهه واقعی است. در این بخش مفاهیم آماری متعددی که در نمونه‌برداری مواجهه شغلی کاربرد دارند مورد بحث قرار می‌گیرد و سپس منابع انحراف در اندازه‌گیری شرح داده می‌شوند.

قبل از بررسی اصطلاحات آماری این سؤال اساسی باید پاسخ داده شود که "چرا متخصصان بهداشت حرفه‌ای باید درگیر مسائل آماری شوند؟"، تنها به خاطر خطاهای اندازه‌گیری؟ آیا تکنیک‌های آماری، تخصصی خارج از حوزه بهداشت حرفه‌ای نیست؟ مطلقاً خیر! زیرا آمار در حوزه‌ی تمام تکنیک‌های جمع‌آوری و آنالیز حضور داشته و مهمتر از همه به استنتاج از داده‌ها (نتیجه‌گیری) می‌پردازد.

1. Allowable Occupational Exposure (AOE)

کل مواردی (آیتم‌هایی) که در یک دسته قرار می‌گیرند و قرار است درمورد آنها قضاوتی صورت گیرد را جامعه آماری گویند. معمولاً اندازه‌گیری کل موارد در جامعه آماری ناممکن بوده و عملی نیست.

بنابراین معمولاً از جامعه آماری، نمونه آماری تهیه کرده و اندازه‌گیری‌ها را روی نمونه آماری انجام می‌دهیم. یافته‌های حاصل از این نمونه را به کل جامعه آماری تعمیم داده و درباره کل جامعه آماری قضاوت می‌کنیم. پس از اندازه‌گیری در نمونه آماری، می‌توان داده‌ها را در گروه‌هایی دسته‌بندی کرده و بصورت جدول یا نمودار نشان داد. در این حالت می‌توان تشخیص داد که داده‌های اندازه‌گیری دارای نوعی توزیع هستند. جدول ۱-۲ مثالهایی از انواع جمعیت‌هایی که ممکن است در نمونه‌برداری مواجهه شغلی مد نظر هستند را نشان می‌دهد. برای اطلاع دقیق‌تر در خصوص اصطلاحات بکار رفته در جدول ۱-۲، به پیوست ش - توزیع نرمال و لوگ نرمال فراوانی مراجعه شود.

جدول ۱-۲ نمونه برداری مواجهه شغلی از جمعیت‌ها

مثالی از جمعیت	مثالی از نمونه آماری مورد استفاده جهت تخمین پارامترهای جمعیت	اندازه‌گیری شاخص مرکزی این توزیع	اندازه‌گیری پراکندگی	بهترین مدل توزیع برای جور کردن داده‌ها
مقادیر تراکم هوابرد یک آلاینده که کارگر در یک شیفت کاری ۸ ساعته با آن مواجهه دارد.	اندازه‌گیری نمونه گراب طی شیفت کاری ۸ ساعته	(آ). میانگین حسابی (TWA _{8-hour}) (ب). میانگین هندسی	انحراف معیار هندسی (تغییرپذیری روزانه)	لوگ نرمال
متوسط مواجهه روزانه (۸ ساعته) کارگر که در چندین روز بدست آمده است	چندین متوسط مواجهه‌ی اندازه‌گیری شده روزانه	(آ). میانگین هندسی بلند مدت (ب). میانگین حسابی بلند مدت	انحراف معیار هندسی (تغییرپذیری در روزهای مختلف)	لوگ نرمال
متوسط مواجهات روزانه	متوسط اندازه‌گیری	(آ). میانگین	انحراف	لوگ نرمال

مثالی از جمعیت	مثالی از نمونه آماری مورد استفاده جهت تخمین پارامترهای جمعیت	اندازه‌گیری شاخص مرکزی این توزیع	اندازه‌گیری پراکندگی	بهترین مدل توزیع برای جور کردن داده- ها
(۸ ساعته) همه کارکنان یک گروه شغلی که ریسک مواجهه مشابهی دارند، در یک روز خاص.	شده از مواجهات روزانه چندین کارگر از یک گروه	هندسی گروه (ب). میانگین حسابی گروه	معیار هندسی (تغییرپذیری اپراتور یا اعضای یک گروه)	
چندین مرتبه تکرار آنالیز روی یک نمونه بهداشت صنعتی (مثل فیلتر یا لوله زغال فعال)	تکرار چندین آنالیز انجام شده روی نمونه بهداشت حرفه‌ای	میانگین حسابی نمونه	ضریب تغییرات روش آنالیز	نرمال
اندازه‌گیری‌ها متعدد از تراکم معینی از آلاینده با دستورالعمل خاصی از نمونه‌برداری و آنالیز (مثل پمپ فلوپایین و لوله زغال فعال به‌مراه آنالیز توسط گاز کروماتوگرافی مایع).	چندین لوله زغال فعال که در مواجهه با تراکم معین قرار داده شده‌اند.	میانگین حسابی نمونه	ضریب تغییرات روش نمونه- برداری و آنالیز	نرمال

گام بعدی در کاهش حجم داده‌ها، یافتن شاخص‌های مرکزی است (جایی که بیشترین مقادیر اندازه‌گیری در آن حدود قرار دارند). شاخص‌های مرکزی متعددی وجود دارند، میانگین هندسی و میانگین حسابی دو شاخصی هستند که در این قسمت استفاده می‌شوند. محاسبات آنها در فصل ۴ بیان خواهد شد. در نهایت نحوه پراکندگی داده‌های اندازه‌گیری حول مقدار مرکزی تعیین می‌شود. شاخص‌های پراکندگی، بحث پراکندگی یا انحراف اندازه‌گیری‌ها را مطرح می‌کنند. انحراف معیار هندسی، انحراف معیار نرمال و ضریب تغییرات (انحراف معیار) سه شاخصی هستند که در این مرحله استفاده می‌شوند. روش محاسبه آنها در فصل ۴ بیان خواهد شد.

فهرست زیر منابع اصلی تغییر(تورش) را ذکر می‌کند که در تخمین متوسط میزان مواجهه شغلی کارگر اثر گذار هستند؛

۱. خطای تصادفی وسیله نمونه‌برداری (نظیر نوسانات تصادفی در میزان دبی پمپ)
۲. خطای تصادفی روش آنالیز (نوسانات تصادفی در روش اجرایی آزمایشگاه مواد شیمیایی)
۳. نوسانات تصادفی محیطی در تراکم آلاینده طی یک روز
۴. نوسانات تصادفی محیطی در تراکم آلاینده در روزهای مختلف
۵. خطاهای سیستماتیک در فرآیند اندازه‌گیری (کالیبراسیون نادرست، استفاده نادرست از تجهیزات، خطا در ثبت داده‌ها، و غیره)
۶. تغییرات سیستماتیک در تراکم آلاینده هوابرد (مثلاً تغییرات ناشی از حرکت کارگر به ناحیه‌ای با تراکم متفاوت یا خاموش شدن فن مکشی در ایستگاه کاری کارگر)

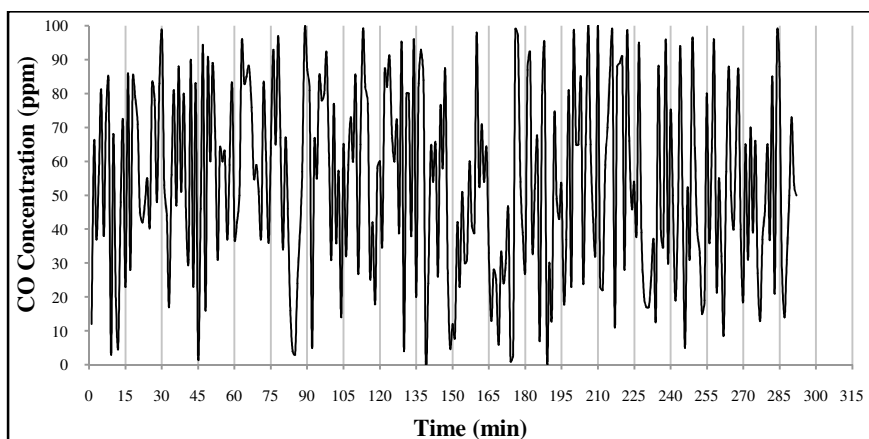
خطاهای تصادفی و نوسانات (۱) تا (۴) را خطای آماری می‌نامند چون می‌توان آنها را با استفاده از آنالیز آماری محاسبه (و نه پیشگیری) کرد. خطاهای سیستماتیک در قسمت (۵) شامل خطاهای دستگاهی و همچنین اشتباه فاحش انسان جایز الخطا در استفاده از تجهیزات می‌باشد. خطاهای تصادفی ذکر شده در (۱) و (۲) خطاهای کمی بوده و اثرات آنها را می‌توان با بکار بردن برنامه‌های کنترل کیفیت مبتنی بر آمار به حداقل رساند. برنامه‌های کنترل کیفیت همچنین فرد را قادر می‌سازد ایده‌های مناسبی درمورد ضریب تغییرات^۱ روش‌های نمونه‌برداری و آنالیز بدست آورد (به عبارت دیگر آنها را برآورد کند). برای بحث بیشتر درمورد این نوع خطاها به پیوست ۳، ضریب تغییرات و الزامات مربوط به صحت داده‌ها در روشهای نمونه‌برداری و آنالیز بهداشت صنعتی در انتهای کتاب مراجعه شود.

نوسانات تصادفی در تراکم آلاینده‌ی هوابرد طی چند روز و در ساعات مختلف یک روز، به احتمال زیاد، عمدتاً تحت تاثیر فرآیند فیزیکی که آلاینده در آن تولید می‌شود و نیز عادت-های کاری کارکنان (مکانی و زمانی) است. دلیلی مبنی بر اینکه این نوسانات تحت تاثیر ماهیت شیمیایی آلاینده باشد وجود ندارد، بلکه احتمالاً این نوسانات تحت تاثیر ماهیت فیزیکی (گردوغبار، میست، گاز) آن است.

ذکر این نکته مهم است که نوسانات تصادفی آلاینده‌ی محیطی در یک صنعت ممکن است تا حد زیادی بیش از تغییرات تصادفی معمول در اغلب روش‌های نمونه‌برداری و آنالیز باشد

1. coefficient of variation

(اغلب با ضریب ۱۰ تا ۲۰). شکل ۱-۲ نوسانات واقعی محیطی در منواکسید کربن را نشان می‌دهد. شکل ۱-۲ قسمتی از کاغذ نواری آنالیزور منواکسید کربن تحت عنوان چارت ثبت است. مقیاس عمودی از صفر تا ۱۰۰ ppm و مقیاس افقی، زمان بر حسب دقیقه می‌باشد. فاصله زمانی بین هر دو نقطه عمودی ۱۵ دقیقه است. تغییرپذیری دستگاه اندازه‌گیری با ضریب تغییرات حدود ۳٪ اندازه‌گیری شد. بنابراین در حدود اطمینان ۹۵٪، داده‌ها تقریباً $\pm 6\%$ تراکم اندازه‌گیری شده در زمان خاص هستند. اطلاعات بیشتر در این باره در فصل ۴ ارائه شده است.



شکل ۱-۲ تراکم واقعی منواکسید کربن در محیط کار که نشان دهنده نوسانات تراکم در ساعات مختلف است.

خطاهای سیستماتیک می‌تواند در یک سری از نمونه‌ها (بخاطر کالیبراسیون نادرست) ثابت بماند یا به دنبال تغییر در فرآیند، به میزان زیادی تغییر کند. خطاهای سیستماتیک را نمی‌توان به لحاظ آماری محاسبه کرد. چنانچه این خطاها در روش اندازه‌گیری کشف شوند، باید داده‌ها را قبل از آنالیز آماری، تصحیح کرد. البته در بسیاری مواقع کشف نشده و نسبت به تغییر احتمالی ایجاد شده در اثر خطاهای تصادفی و نوسانات، تغییر بسیار بیشتری در داده‌ها ایجاد می‌کنند. از لحاظ آماری، خطای سیستماتیک (یا تغییر در میانه^۱ یک سری از اندازه‌گیری‌ها)، باعث ایجاد جامعه آماری ثانویه با میانگین متفاوت می‌شود. روش‌های آماری ارائه

1. middle

شده در این کتاب، خطاهای سیستماتیک را کشف نکرده و امکان آنالیز نتایج با عدم صحت زیاد، ناشی از خطاهای سیستماتیک یا اشتباهات^۱، را فراهم نمی‌کند. کنترل خطای سیستماتیک، بیش از آنکه مشکل آماری باشد، عمدتاً یک مسئله و مشکل فنی است.

تغییرات سیستماتیک در میزان مواجهه یک کارگر با آلاینده می‌تواند در اثر موارد زیر رخ دهد:

۱. جابه‌جایی کارگر به محیط کاری دیگر (مثلاً رفتن از اتاق حلالها به انبار)
۲. بسته شدن درب‌ها و پنجره‌های کارگاه (در فصل‌های سرد سال)
۳. افت راندمان یا نقص جدی در تجهیزات کنترل مهندسی نظیر سیستم تهویه
۴. تغییر در فرآیند تولید یا عادات کاری کارکنان

یکی از مهمترین علل اندازه‌گیری دوره‌ای (هر چند ماه یکبار) مواجهه یک کارگر، کشف روندها یا تغییرات سیستماتیک در متوسط مواجهه بلند مدت است. مزیت دیگر آن، برآورد بهتر تغییر در میزان مواجهه در دوره‌های زمانی بلند مدت می‌باشد که البته هدف اصلی اندازه‌گیری دوره‌ای مواجهه، این نیست. اندازه‌گیری دوره‌ای یکی از راه‌های مفید برای کشف تغییرات خطرناک در میزان مواجهه بوده یا نشان می‌دهد که مواجهه به مقادیر خطرناک نزدیک می‌شود.

استانداردهای لازم‌الاجرای مواجهه شغلی (حدود مجاز مواجهه شغلی در ایران) با این هدف انتشار یافت که تا حد ممکن اطمینان حاصل شود سلامتی یا ظرفیت کاری هیچ کارگری در اثر عوامل زیان‌آور محیط کار دچار آسیب نخواهد شد.

روند قانونی در اجرای استانداردهای لازم‌الاجرای سلامت شغلی به شکل زیر است. روش نمونه‌برداری و آنالیز برای اندازه‌گیری مواجهه کارگر با ماده خطرناک خاص تهیه شده‌اند (در ایران این روشها تهیه نشده و از روشهای معتبر نظیر روشهای NIOSH و OSHA استفاده می‌گردد). این روشها برای اندازه‌گیری مواجهه کارگر با ماده خاص استفاده می‌شوند. چنانچه

1. mistakes

مقدار اندازه‌گیری شده بالاتر از حد استاندارد باشد، نشانگر نقض قانون است. این دیدگاه ساده، تعداد نمونه و طول مدت نمونه‌ها، که بر اساس تغییرات تصادفی در روش نمونه‌برداری و آنالیز، تعیین و گرفته می‌شوند را در نظر نمی‌گیرد. در نهایت به تعداد نمونه مورد نیاز برای دستیابی به سطح خاصی از اثربخشی برنامه نمونه‌برداری توجهی نمی‌شود.

برای مثال، اگر بازرس محیط کار بر اساس ۵ نمونه‌ای که از کل شیفت در یک کارخانه گرفته شده، متوسط تراکم آلاینده در هوا را ۱۰۵ ppm تعیین کند و استاندارد آن ۱۰۰ ppm باشد، با نگاه قانونی صرف، وی موظف است احضاریه‌ای مبنی بر تخلف از قانون صادر کند. فرض کنید که این احضاریه با اعتراض کارفرما مواجه شود و از بازرس محیط کار خواسته شود که در دادگاه حاضر شده و صحت اندازه‌گیری‌های خود مبنی بر بیش از حد استاندارد بودن را اثبات کند. اگر وی از آمار مربوط به نمونه‌برداری محیطی آگاه باشد، باید به لحاظ قانونی پاسخ مثبت دهد، اما در واقعیت اطلاعی ندارد. ضروری است که نمونه‌برداری محیط کار با استفاده از برنامه‌های نمونه‌برداری مبتنی بر آمار و روش‌های تصمیم‌گیری آماری صورت گیرد به نحوی که داده‌ها بتوانند از تصمیم‌گیری در خصوص انطباق یا عدم انطباق میزان مواجهه با استانداردها پشتیبانی کنند.

محقق بنام Tomlinson مفهوم تست کردن متوالی^۱ را در مسئله پایش انطباق، در معادن زغال سنگ انگلیس بکار برد. وی دریافت که تغییرات زیادی در تراکم آلاینده هوا بر در طول یک شیفت یا در شیفت‌های مختلف روی می‌دهد. محقق بنام Roach مفهوم استفاده از حد اطمینان در میانگین حساسی گروهی از نمونه‌های کوتاه مدت (گراب) برای تعیین وضعیت انطباق محیط کار را مطرح کرد. البته وی فرض کرد نمونه‌ها توزیع نرمال دارند و مطالعات بعدی نشان داد که بهتر است فرض کنیم داده‌های نمونه‌های گراب توزیع لوگ‌نرمال^۲ دارند. وی این نکته مهم را بیان کرد که هر روش نمونه‌برداری هرچند هم که با دقت انجام شود، تنها می‌تواند تخمینی از متوسط تراکم واقعی موجود در محیط کار ارائه دهد. اطلاعات بیشتر در این خصوص در فصل‌های ۳ و ۴ ارائه خواهند شد.

1. sequential testing

2. lognormal distribution

باید توجه کرد که بر اساس قوانین فعلی (قوانین سازمان OSHA و قانون کار ایران)، کارفرما ملزم نیست برای اندازه‌گیری مواجهه‌ی کارکنان خود، از روشهای آماری فصل ۴ استفاده کند. اما کارفرمایان می‌توانند برای اطمینان بیشتر از حفظ سلامتی کارکنان خود، از این روشها بهره‌گیرند. در فصل ۵ به روش سازمان OSHA در خصوص نحوه‌ی تعیین بیش از حد بودن یا نبودن میزان مواجهه‌ی کارگر اشاره شده است.

