



طراحی نرم‌افزار SQCRA به منظور ارزیابی نیمه کمی ریسک کار با مواد شیمیایی در محیط کار

علی کریمی^{۱*}، حمیدرضا جمشیدی سلوکلوئی^۲، سمیرا اسلامی زاد^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: هدف از ارزیابی ریسک مواد شیمیایی، تشخیص و تعیین مقدار ریسک ناشی از کاربرد یک ماده شیمیایی زیان آور می باشد. این مطالعه با هدف طراحی یک ابزار کاربردی در جهت سهولت انجام ارزیابی ریسک مواد شیمیایی انجام شده است. روش بررسی: نرم افزار پیشنهادی در این مطالعه، برگرفته از روشی می باشد که دپارتمان بهداشت شغلی در وزارت نیروی انسانی مالزی، به منظور ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با مواد شیمیایی ارائه نموده است. در این مطالعه با انجام برخی اصلاحات به صورت مجموعه عملیاتی در محیط ویژوال بیسیک برنامه رایانه ای آن نگارش و نرم افزار تحت عنوان SQCRA طراحی گردید. نرم افزار طراحی شده به منظور ارزیابی ریسک مواجهه بهداشتی در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز مورد استفاده قرار گرفت. نتایج: نتایج حاصل از نرم افزار نشان داد سطح ریسک بدست آمده از مواد اسید سولفوریک، اسید فسفریک، سولفات آلومینیوم، کاتالیت نیکل و اسید استیک مورد استفاده به عنوان مواد اولیه در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز به ترتیب ۲/۴، ۲/۸۴، ۲/۳، ۳/۵ و ۲/۶۶ تعیین گردید. علاوه بر این رتبه ریسک و اقدامات پیشنهادی برای هر کدام از مواد مورد بررسی تعیین شد. نتیجه گیری: نرم افزار طراحی شده سطح ریسک مواجهه بهداشتی را با استفاده از درجه خطر و درجه مواجهه در کوتاه ترین زمان و بدون نیاز به فرمول و ماتریس ریسک محاسبه می کند. پس از تعیین رتبه ریسک، اقدامات پیشنهادی برای کاهش مواجهه شغلی را نیز ارائه می دهد. کلید واژه ها: ارزیابی ریسک، مواد شیمیایی، مواجهه شغلی، نرم افزار SQCRA

*۱. (نویسنده مسئول) استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران. پست الکترونیک:

alikarimi57@gmail.com

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، تهران، ایران.

۳ دانشجوی دکتری سم شناسی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.



مقدمه

بر اساس آمار منتشره سازمان جهانی بهداشت در زمینه مواجهه با مواد شیمیایی، چهار میلیون نفر در سطح جهان در صنایع شیمیایی مشغول به کار هستند [۱] که سالانه یک میلیون انسان در اثر تماس غیر ایمن با مواد شیمیایی فوت نموده یا از کارافتاده می‌شوند [۲]. ارزیابی ریسک می‌تواند یکی از راه‌کارهای مهم در زمینه شناسایی و کنترل مواجهه با مواد شیمیایی باشد. منظور از ارزیابی ریسک مواد شیمیایی، تشخیص و تعیین مقدار ریسک ناشی از کاربرد یک ماده شیمیایی زیان‌آور است. مواد شیمیایی مختلف دارای سمیت‌های متفاوتی می‌باشند [۳]. تماس با مواد شیمیایی با در نظر گرفتن محل تماس و همچنین میزان تماس منجر به اثرات متفاوتی می‌گردد. ارزیابی سمیت یا اثرات زیان‌آور مواد شیمیایی، میزان خطر را بر روی افرادی که با این مواد شیمیایی در تماس هستند، مشخص می‌کند [۴]. همچنین ارزیابی ریسک در تصمیم‌گیری‌ها، مبتنی بر لزوم به‌کارگیری اقدامات کنترلی به منظور حفاظت از نیروی انسانی، کمک شایانی می‌نماید [۵ و ۶]. بر اساس آئین‌نامه‌های بهداشتی، کارفرمایانی که در صنعت از مواد شیمیایی در فرآیند تولید استفاده می‌کنند، موظف به تضمین سلامت کارکنان می‌باشند و برای اینکه مطمئن شویم که مواد شیمیایی مصرفی اثرات سوئی بر روی افراد ندارد، ارزیابی ریسک برای تمامی مواد شیمیایی مصرفی در فرآیند باید انجام گیرد [۷، ۳ و ۸].

هدف از انجام ارزیابی ریسک مواد شیمیایی شامل تشخیص خطرات بالقوه مواد شیمیایی، ارزیابی میزان مواجهه کارگران با مواد شیمیایی زیان‌آور و تعیین احتمال بروز اثرات زیان‌آور ناخواسته بر روی افراد، ناشی از تماس با مواد شیمیایی زیان‌آور است [۹].

مهم‌ترین دستاورد ارزیابی ریسک این است که به کمک آن می‌توان میزان خطر را که هر شغل به همراه دارد مشخص کنیم و سپس اقدامات کنترلی را در مشاغل مختلف اولویت‌بندی نماییم. بدون روشی که بتوان به کمک آن خطرات بالقوه را طبقه‌بندی نمود، ممکن است منابع و همچنین هزینه‌ها در زمینه کنترل خطرات در مسیرهایی مورد مصرف قرار گیرند که از نظر سطح ریسک دارای خطر کمتری می‌باشند؛ درحالی‌که مشاغل دارای ریسک بالا، نادیده گرفته شوند [۸]. با توجه به ضرورت انجام ارزیابی ریسک مواد شیمیایی در محیط‌های کاری، این مطالعه

باهداف طراحی یک ابزار کاربردی در جهت سهولت ارزیابی ریسک مواد شیمیایی انجام شده است.

روش بررسی

نرم‌افزار پیشنهادی در این مطالعه، برگرفته از روشی است که دپارتمان بهداشت شغلی در وزارت نیروی انسانی مالزی به منظور ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با مواد شیمیایی (Semi Quantitative Chemical Risk Assessment (SQCR)) ارائه نموده و در این مطالعه با انجام برخی اصلاحات به صورت مجموعه عملیاتی (Operating system) در محیط ویژوال بیسیک طراحی شده است (شکل ۱). این نرم‌افزار قصد دارد راهکاری را به منظور ارزیابی خطرات بهداشتی که در حین استفاده از مواد سمی و شیمیایی در محیط‌های صنعتی وجود دارد در اختیار صاحبان صنایع، کارفرمایان، کارکنان ایمنی و بهداشت و همچنین کسانی که با مواد شیمیایی سروکار دارند، قرار دهد. از آنجا که نگارش فارسی در این نرم‌افزار امکان‌پذیر نیست، لذا زبان به‌کاررفته در این نرم‌افزار انگلیسی است. این روش، ریسک‌های احتراق و انفجار را برای مواد شیمیایی مخاطب قرار نمی‌دهد و برای ارزیابی این نوع ریسک‌ها باید از روش دیگری استفاده نمود. نکاتی که درباره این روش باید در نظر گرفته شوند عبارت‌اند از:

- این نرم‌افزار تنها خطرات بهداشتی که افراد و کارکنانی که با مواد شیمیایی سروکار دارند مورد ارزیابی قرار می‌دهد.
- این نرم‌افزار اقداماتی را که بعد از ارزیابی ریسک باید انجام گیرد، بر مبنای سطح ریسک تعیین شده، مشخص می‌کند.
- این روش به وسیله تکنسین‌های ایمنی و بهداشتی و هر فرد دیگری که در زمینه ارزیابی خطر دارای اطلاعات زمینه‌ای است، قابل استفاده است.
- این روش در صورتی که پارامترهای خواسته‌شده در دسترس باشند یک شاخص از خطر نسبی را فراهم می‌نماید. هر چند نتایج حاصله در صورتی که داده‌ها قابل اعتماد در دسترس نباشد، یا در اثر خطاهای فردی، ممکن است مورد سؤال واقع شوند.
- این روش در مورد افراد فوق‌العاده حساس به مواد شیمیایی قابل استفاده نیست.
- این روش تنها خطر مواد شیمیایی را به واسطه مواجهه



صورت گرفته در این سازمان‌ها می‌توان تعیین کرد. متغیرهایی که در زمینه تعیین شرایط مواجهه بکار می‌روند شامل عواملی که به ویژگی‌های ذاتی مواد وابسته است نظیر نسبت آستانه بویایی به حد تماس مجاز، اندازه مواد ذره‌ای و فشار بخار مواد شیمیایی و برخی از متغیرها نیز به شرایط استفاده از ماده شیمیایی وابسته است، نظیر مقدار مصرف هفتگی، مدت زمان کار با ماده شیمیایی و کیفیت روش‌های کنترلی.

تنفسی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. تماس‌های پوستی و گوارشی در این روش در نظر گرفته نشده‌اند [۹].
متغیرهای بکار رفته در این روش شامل برخی از اطلاعات ارائه شده از سوی سازمان‌های مرتبط با خطرات مواد شیمیایی نظیر IARC (انجمن تحقیق بر روی سرطان سازمان جهانی بهداشت)، ACGIH (کنفرانس دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا) و NTP (برنامه ملی سم شناسی آمریکا) می‌باشند که مواد شیمیایی را از دیدگاه میزان خطرات سلامتی طبقه‌بندی می‌نمایند. میزان خطر بالقوه مواد شیمیایی بر اساس دسته‌بندی

The screenshot shows the 'Semi-Quantitative Chemical Risk Assessment' software interface. It is divided into several sections:

- Hazard Rating (Chronic Toxicity):** A list of hazard categories with radio buttons for selection, including:
 - No known adverse health effects
 - ACGIH A3 carcinogens
 - Not classified as toxic or harmful
 - Reversible effects to the skin, eyes or mucous membranes, not severe enough to cause serious health impairment
 - ACGIH A4 carcinogens
 - Skin sensitizers and skin irritants
 - Possible human or animal carcinogens or mutagens, but for which data is inadequate
 - ACGIH A2 carcinogens
 - IARC Group 2B
 - Corrosive (pH 3 to 5 or 9 to 11), respiratory sensitizers, harmful chemicals
 - Probable human carcinogens, mutagens or teratogens based on animal studies
 - ACGIH A2 carcinogens
 - NTP Group 8
 - IMC Group 2A
 - Very corrosive (pH 0 to 2 or 11.5 to 13)
 - Toxic chemicals
 - Known human carcinogens, mutagens or teratogens
 - ACGIH A1 carcinogens
 - IARC Group 1
 - NTP Group A
 - Very toxic chemicals
- Exposure Index:** A series of radio buttons for selection:
 - Vapour pressure or particle size (aerodynamic Diameter):
 - < 0.1 mg/m³
 - 0.1 to 1 mg/m³
 - > 1 to 10 mg/m³
 - > 100 mg/m³
 - > 1000 mg/m³
 - Ratio of OI/PHI:
 - < 0.1
 - 0.1 to 0.5
 - > 0.5 to 1
 - > 1 to 2
 - > 2
 - Hazard control measure:
 - Adverse control with regular maintenance
 - Subsequent control with irregular maintenance
 - Subsequent control with ultimate release moderately
 - Inadequate control
 - No control of any industry
 - Amount used per week:
 - Small amount used (1 to 10 kg or L)
 - Little amount used (1 to 10 kg or L)
 - Medium amount used (workers are 100 to 1000 kg or L)
 - Large amount used (workers are 1000 kg or L)
 - Very large amount used (workers are > 1000 kg or L)
 - Duration of Work Per week:
 - < 8 hrs
 - 8 to 16 hrs
 - 16 to 24 hrs
 - 24 to 32 hrs
 - 32 to 40 hrs
- Hazard Rating by Acute Toxicity:** Radio buttons for selection based on LD50 values:
 - LD50 absorbed orally in rat mg/kg body weight:
 - > 2000
 - > 200 to <= 2000
 - > 25 to <= 200
 - <= 25
 - LD50 dermal absorption in rat or rabbit mg/kg body weight:
 - > 2000
 - > 200 to <= 2000
 - > 50 to <= 200
 - <= 50
 - LD50 absorbed by inhalation in rat, mg/litre per 4h Gases and Vapors:
 - > 20
 - > 2 to <= 20
 - > 0.5 to <= 2.0
 - <= 0.5
 - LD50 absorbed by inhalation in rat, mg/litre per 4h Aerosols and particulates:
 - > 5
 - > 1 to <= 5
 - > 0.25 to <= 1
 - <= 0.25
- Calculation:** Input fields for Hazard Rate (HR), Exposure Rate (ER), and Risk Level, with a 'Risk Interpretation' button.
- Recommendations:** A button to view recommendations.

شکل ۱ - نمای کلی نرم‌افزار ارزیابی نیمه کمی ریسک مواد شیمیایی (SQCRA)

ب- تفکیک فرآیند به وظایف موجود

- فرآیندهای کاری به شرح زیر تفکیک می‌شوند:
- دپارتمان‌های مختلف یک صنعت از هم تفکیک گردند.
- فرآیندهای موجود در هر دپارتمان مشخص شوند.
- فرآیندها به مشاغل مختلف آن تفکیک گردند.
- کارگرانی که در یک بخش دارای مشاغل یکسانی می‌باشند، گروه‌بندی شوند.
- اطمینان حاصل شود تمام افرادی که به نوعی با مواد شیمیایی در تماس هستند، در نظر گرفته شده‌اند. این افراد شامل کارگران خط تولید، تعمیرکاران، کارگران نگه‌داری و تعمیر،

به منظور استفاده از این نرم‌افزار مراحل زیر باید اجرا شوند:

الف- تشکیل گروه کاری

این گروه باید از نماینده مدیریت و همچنین نماینده کارگران به همراه یک فرد کارآموده در زمینه ارزیابی خطر تشکیل گردد. تبادل اطلاعات و مشورت بین مدیریت و کارگران ضروری است. کارگرانی که مستقیماً با فرآیند در تماس هستند، منبع اطلاعاتی خوبی به شمار می‌روند؛ زیرا آن‌ها می‌توانند اطلاعات جامعی را در زمینه نحوه انجام کار و راه‌های تماس با مواد شیمیایی در اختیار قرار دهند. در عوض مدیریت نیز باید متعهد شود که اقدامات کنترلی را متعاقب ارزیابی خطر در صورت نیاز انجام دهد [۹].



کارکنان تحقیق و توسعه، کارگران مسئول نظافت و همچنین پیمانکارانی که در محیط کار مشغول کاری می‌باشند [۹].

ج - شناسایی مواد شیمیایی

در این مرحله تمام موادی که مورد استفاده قرار می‌گیرند و تولید می‌شوند، باید مشخص شوند. این مواد شامل مواد خام، مواد بینابینی، محصول اصلی یا ثانویه می‌باشند. مواد شیمیایی می‌تواند به شکل‌های جامد، مایع، گاز، بخار، گرد و غبار، میست یا مه باشند. تمام مواد شیمیایی در محیط کار بدون در نظر گرفتن هر گونه اقدام کنترلی به کار رفته، باید فهرست گردند. مواد شیمیایی را از طریق لیست مواد خام مصرفی، برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد، فروشندگان یا تولید کنندگان مواد شیمیایی و ... می‌توان شناسایی کرد [۸].

د - تعیین سطح خطر بالقوه مواد Hazard Rate (HR)

پس از اینکه مواد شیمیایی موجود در محیط کار تعیین گردید، در این مرحله باید مشخص کنیم که آیا این مواد بر روی سلامتی زیان‌آور هستند یا خیر. میزان خطر بالقوه یک ماده شیمیایی به میزان سمیت آن، راه ورود به بدن و سایر معیارهای دیگر بستگی دارد. سطح خطر بالقوه (HR) ترکیبات را می‌توان با استفاده از اطلاعات ارائه‌شده در محیط طراحی‌شده در قسمت سمت چپ فوقانی صفحه نرم‌افزار تعیین کرده و گزینه مورد نظر را انتخاب کرد. لازم به ذکر است که در جدول اخیر خطرات بالقوه از نظر مسمومیت مزمن طبقه‌بندی می‌گردد (شکل ۲).

در رابطه با مسمومیت حاد بایستی از محیط قسمت پایین صفحه نرم‌افزار در سمت چپ استفاده کرد. طبقه‌بندی سمیت مواد در این قسمت بر اساس LD50 (دوز کشنده ۵۰ درصد) و LC50 (غلظت کشنده ۵۰ درصد) انجام شده است [۹]. اطلاعات مربوط به اثرات سمی مواد و همچنین LD50 و LC50 آن‌ها از برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد قابل دستیابی است. در این مرحله نیز باید یک گزینه را انتخاب نمود (شکل ۳). لازم به ذکر است که در مرحله تعیین سطح خطر بالقوه مواد، در ابتدا باید مشخص کنیم که خطرات بالقوه از دیدگاه مسمومیت‌های مزمن مد نظر است یا مسمومیت حاد، زیرا در این نرم‌افزار در هر چرخه کاربرد، فقط می‌توان یک نوع را مورد بررسی قرار داد [۹].

ه - تعیین شاخص مواجهه Exposure Index

در این روش فرض بر این است که نتایج پایش و نمونه‌برداری هوا در دسترس نیست. به منظور تعیین شاخص مواجهه کارگر با یک ماده شیمیایی خاص پنج معیار دخالت داده می‌شود که برای

هر معیار پنج حالت مختلف توسط نرم‌افزار پیشنهاد شده است [۹]. کاربر باید برای هر معیار با توجه به شرایط کار و اطلاعات خواسته‌شده، یک گزینه را انتخاب کند. در این مرحله ممکن است تمامی اطلاعات خواسته‌شده در نرم‌افزار در رابطه با ماده شیمیایی مورد نظر در دسترس کاربر نباشد. در این صورت برای این‌گونه شرایط می‌توان گزینه "اطلاعات در دسترس نیست" را انتخاب نمود تا نرم‌افزار ارزیابی را بر اساس داده‌های موجود در مراحل دیگر انجام دهد. لازم به ذکر است که برای هر معیار تنها یک گزینه را می‌توان انتخاب کرد (شکل ۴).

معیار اول: فشار بخار (در مورد گاز و بخار) و اندازه ذرات (در مورد گرد و غبار)

در این قسمت در سطر اول فشار بخار بر حسب میلی‌متر جیوه در پنج محدوده پیشنهاد شده است که کاربر باید در صورتی که ماده شیمیایی مورد نظر گاز یا بخار است یکی از این گزینه‌ها را انتخاب کند.

در سطر دوم اندازه ذرات بر حسب میکرومتر در پنج محدوده به کاربر پیشنهاد شده است. در صورتی که ماده شیمیایی مورد نظر گرد و غبار است کاربر باید یکی از این پنج گزینه را برای تعیین امتیاز فاکتور اول انتخاب کند (شکل ۴).

معیار دوم: نسبت آستانه بویایی به حد مجاز تماس OT/PEL

در این مرحله با استفاده از داده‌هایی که از برگه اطلاعات ایمنی ماده شیمیایی مورد نظر می‌توان به دست آورد، نسبت آستانه بویایی به حد مجاز تماس پیشنهادشده توسط اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (OSHA) محاسبه‌شده و گزینه مورد نظر انتخاب می‌گردد (شکل ۴) [۳].

معیار سوم: اقدامات کنترلی موجود

در این قسمت میزان کنترل اعمال‌شده بر روی مواد شیمیایی به منظور پیشگیری از مواجهه کارگران تعیین می‌گردد. احتمال تماس با ماده شیمیایی به مقدار زیادی به اقدامات کنترلی موجود در محیط کار و اثربخشی آن‌ها بستگی دارد. در شرایطی که یک سیستم تهویه مکشی موضعی در فرآیند تعبیه شده باشد، می‌تواند میزان تماس افراد با مواد شیمیایی را به مقدار زیادی کاهش دهد، در مقابل فرآیندی که سیستم کنترلی برای آن در نظر گرفته نشده است یا سیستم کنترلی به طور ناکارآمد و ضعیف عمل می‌کند، می‌تواند میزان تماس را افزایش دهد [۱۰]. لازم به ذکر است که وسایل حفاظت فردی در این روش به عنوان اقدام کنترلی به



حساب نمی‌آیند (شکل ۴).

معیار پنجم: مدت زمان کار با مواد شیمیایی

در این قسمت تعداد ساعات کاری که فرد در طول یک هفته با ماده شیمیایی مورد نظر کار می‌کند تعیین می‌شود (شکل ۴). ممکن است در مورد ترکیبات شیمیایی، تمامی این پنج معیار در دسترس نباشد؛ اما تا حد امکان سعی شود که از هر پنج معیار استفاده گردد [۹].

معیار چهارم: مقدار مصرف روزانه ماده شیمیایی

میزان مواجهه ارتباط زیادی با میزان مصرف ماده شیمیایی دارد. در این قسمت پنج محدوده برای تعیین میزان مصرف مواد شیمیایی پیشنهاد شده است که کاربر باید یکی از آنها را انتخاب نماید (شکل ۴).

Hazard Rating (Chronic Toxicity)

- No known adverse health effects
- ACGIH* A5 carcinogens
- Not classified as toxic or harmful

- Reversible effects to the skin, eyes or mucous membranes, not severe enough to cause serious health impairment
- ACGIH A4 carcinogens
- Skin sensitizers and skin irritants

- Possible human or animal carcinogens or mutagens, but for which data is inadequate
- ACGIH A3 carcinogens
- IARC* Group 2B
- Corrosive (pH 3 to 5 or 9 to 11) , respiratory sensitizers, harmful chemicals

- Probable human carcinogens, mutagens or teratogens based on animal studies
- ACGIH A2 carcinogens
- NTP* Group B
- IRIC Group 2A
- Very corrosive (pH 0 to 2 or 11.5 to 14)
- Toxic chemicals,

- Known human carcinogens, mutagens or teratogens
- ACGIH A1 carcinogens
- IARC Group 1
- NTP Group A
- Very toxic chemicals

شکل ۲ - تعیین میزان خطر بالقوه از نظر مسمومیت مزمن

Hazard Rating by Acute Toxicity

**LD50 absorbed orally in rat mg/kg body weight:

- > 2000
- > 200 to <=2000
- > 25 to <=200
- <=25

**LD50 dermal absorption in rat or rabbit mg/kg body weight :

- >2000
- >400 to <=2000
- >50 to <=400
- <=50

**LC50 absorbed by inhalation in rat, mg/litre per 4 h Gases and Vapors :

- > 20
- > 2 to <= 20
- > 0.5 to <= 2.0
- <= 0.5

**LC50 absorbed by inhalation in rat, mg/litre per 4 h Aerosols and particulates :

- > 5
- > 1 to <= 5
- > 0.25 to <= 1
- <= 0.25

شکل ۳- تعیین خطرات بالقوه مواد شیمیایی از نظر مسمومیت حاد



Exposure Index:

**** Vapour pressure or particle size (aerodynamic Diameter) :**

< 0.1 mmHg
 0.1 to 1 mmHg
 >1 to 10 mmHg
 >100 mmHg
 > 100 mmHg

Coarse, balk or Wet material
 Coarse and dry material
 dry and small particle size >100 micro meter
 dry and fine material 10 to 100 micro meter
 dry and fine powdered material < 10 micro meter

information not available

****Ratio of OT/PEL :**

< 0.1
 0.1 to 0.5
 > 0.5 to 1
 > 1 to 2
 >= 2

information not available

****Hazard control measure :**

Adequate control with regular maintenance
 Adequate control with irregular maintenance
 Adequate control without maintenance ; moderately
 inadequate control; dusty
 No control at all; very dusty

information not available

****Amount used per week :**

almost negligible amount used (<1 Kg or L)
 Little amount used (1 to 10 Kg or L)
 mediem amount used, workers are trained on handling the chemicals(10 to 100 Kg or L)
 Large amount used, workers are trained on handling the chemicals(100 to 1000 Kg or L)
 Large amount used, workers are trained on handling the chemicals(> 1000 Kg or L)

information not available

****Duration of Work Per week:**

< 8 hrs
 8 to 16 hrs
 16 to 24 hrs
 24 to 32 hrs
 32 to 40 hrs

information not available

شکل ۴ - تعیین شاخص مواجهه با استفاده از پنج معیار مرتبط با شرایط کار با مواد شیمیایی

ح- اقدامات پیشنهادی

در این مرحله با کلیک کردن بر روی دکمه توصیه (Recommendation) متناسب با سطح ریسک محاسبه شده، اقدامات اصلاحی توسط نرم افزار به منظور بهبود شرایط کار پیشنهاد می گردد (شکل ۷).

ارزیابی ریسک به روش نیمه کمی یک روش نظام یافته به منظور تشخیص اثرات بالقوه مواد شیمیایی و ارزیابی مواجهه یا احتمال مواجهه، تعیین سطح ریسک و اولویت بندی اقدامات کنترلی در زمینه ریسک تعیین شده است [۹]. جهت بررسی کارایی نرم افزار طراحی شده به عنوان مطالعه موردی ارزیابی ریسک مواجهه بهداشتی در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز صورت گرفت.

و- تعیین میزان ریسک

در این مرحله با فشار دادن دکمه محاسبه (Calculation) می توان نتایج ارزیابی را به صورت میزان خطر بالقوه (HR) و میزان مواجهه (ER) و سطح ریسک (Risk Level) محاسبه شده به ترتیب در سه محیط در این نرم افزار مشاهده کرد [شکل ۵] (۹ و ۱۱).

ز- تفسیر ریسک محاسبه شده

در مرحله بعد می توان با کلیک کردن بر روی دکمه تفسیر ریسک (Risk Interpretation) نتایج به دست آمده از مراحل قبل را تفسیر نمود (شکل ۶).

Calculation

Hazard Rate (HR) :

Exposure Rate (ER) :

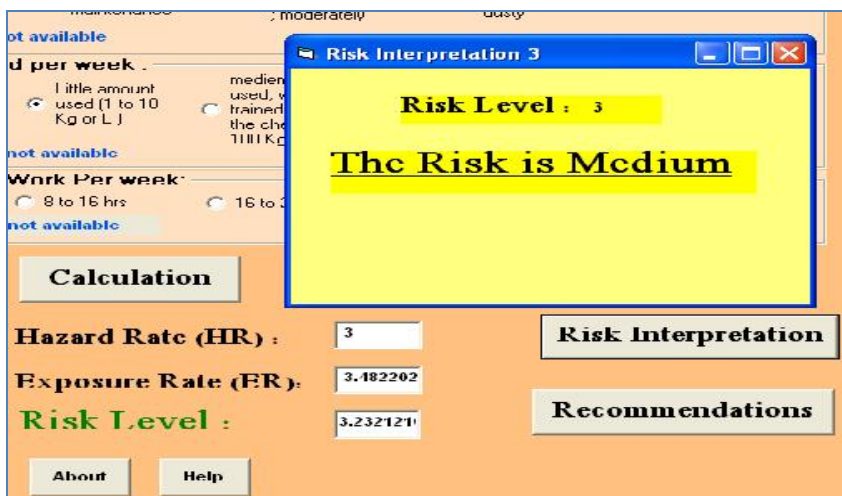
Risk Level :

Risk Interpretation

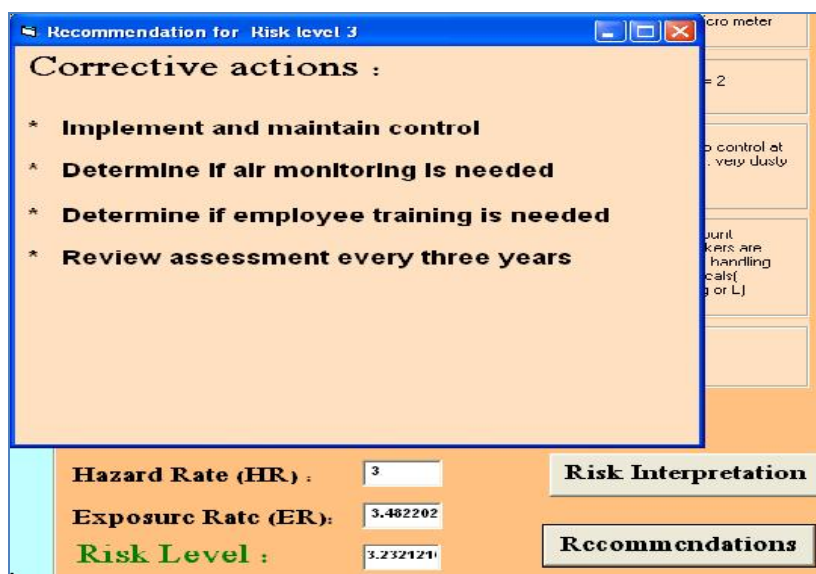
Recommendations

About Help

شکل ۵ - محاسبه میزان خطر بالقوه و میزان مواجهه و سطح ریسک در نرم افزار SQCRA



شکل ۶ - تفسیر سطح ریسک محاسبه شده توسط نرم افزار SQCRA



شکل ۷ - اقدامات پیشنهادی به منظور کاهش سطح ریسک

یافته‌ها

۲/۳، ۳/۵ و ۲/۶۶ به دست آمد. مواد فوق به عنوان مواد اولیه در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز استفاده می‌شد و برگه ایمنی مواد شیمیایی مربوط به تمامی مواد در دسترس بوده است. با استفاده از گزینه تفسیر ریسک و اقدامات پیشنهادی می‌توان سطح ریسک را تعیین و راه کارهای لازم به منظور پیشگیری و اقدامات اصلاحی تعیین نمود. نتایج ارزیابی ریسک در جدول ۱ ارائه شده است.

به منظور ارزیابی ریسک مواجهه بهداشتی در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز، اطلاعات مربوط به اسید سولفوریک، اسید فسفریک، سولفات آلومینیوم، کاتالیست نیکل و اسید استیک را وارد نرم افزار نموده که درجه خطر هر کدام از آنها به ترتیب ۲، ۳، ۲، ۴ و ۲ بوده و درجه مواجهه هر یک به ترتیب ۲/۷، ۲/۸۸، ۲/۶۶، ۳/۰۵ و ۳/۵۵ محاسبه شد. سپس با داشتن درجه خطر و درجه مواجهه، سطح ریسک برای مواد فوق به ترتیب ۲/۸۴، ۲/۴



جدول ۱- ارزیابی ریسک مواجهه بهداشتی در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز

| نام ماده | درجه خطر | درجه مواجهه | سطح ریسک | رتبه ریسک | اقدامات اصلاحی با توجه به سطح ریسک |
|------------------|----------|-------------|----------|-----------|--|
| اسید سولفوریک | ۲ | ۲/۸۸ | ۲/۴ | کم | اقدامات کنترلی، انجام نمونه‌برداری هوا (در صورت نیاز)، ارزیابی مجدد هر ۴ سال یکبار |
| اسید فسفریک | ۳ | ۲/۷ | ۲/۸۴ | متوسط | انجام و حفظ اقدامات کنترلی موجود، انجام مستمر نمونه‌برداری هوا (در صورت نیاز)، آموزش کارگران در صورت لزوم، ارزیابی مجدد هر ۳ سال یکبار |
| سولفات آلومینیوم | ۲ | ۲/۶۶ | ۲/۳ | کم | اقدامات کنترلی، انجام نمونه‌برداری هوا (در صورت نیاز)، ارزیابی مجدد هر ۴ سال یکبار |
| کاتالیست نیکل | ۴ | ۳/۰۵ | ۳/۵ | بالا | انجام کنترل‌های مهندسی موثر، انجام نمونه‌برداری هوا، آموزش کارگران، بهبود برنامه حفاظت تنفسی، تهیه وسایل حفاظت فردی مناسب، اصلاح روش‌های انجام کار، تهیه دستورالعمل‌های شرایط اضطراری و کمک‌های اولیه، ارزیابی مجدد بعد از انجام مراحل فوق |
| استیک اسید | ۲ | ۳/۵۵ | ۲/۶۶ | کم | اقدامات کنترلی، انجام نمونه‌برداری هوا (در صورت نیاز)، ارزیابی مجدد هر ۴ سال یکبار |

بحث

طراحی نرم‌افزار در راستای ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی و ارائه پیشنهادهایی به منظور کاهش میزان مواجهه و بروز بیماری‌ها است.

در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز پنج ماده برای ارزیابی ریسک مواجهه بهداشتی در قسمت‌های مختلف کارخانه انتخاب شد. بدین منظور با استفاده از معیارهای فشار بخار، نسبت آستانه بویایی به حد مواجهه شغلی، اقدامات کنترلی موجود، میزان مواد مورد استفاده در هفته و مدت زمان کار در هفته، درجه مواجهه را محاسبه کرده و با درجه خطر که از طریق LD50 یا LC50 به دست می‌آید، سطح ریسک بهداشتی هر کدام از مواد محاسبه می‌شود. سپس می‌توان برای هر کدام از مواد رتبه ریسک را تعیین کرده و اقدامات پیشنهادی را ارائه داد. همان طور که در جدول ۱ دیده می‌شود درجه خطر، درجه مواجهه و سطح ریسک برای کاتالیست نیکل به ترتیب ۴، ۳/۰۵ و ۳/۵ است و ریسک مواجهه با این ماده بالا است. اقدامات کنترلی پیشنهادی برای این رتبه ریسک شامل کنترل‌های مهندسی موثر، انجام نمونه‌برداری، آموزش کارگران، بهبود برنامه حفاظت تنفسی، تهیه وسایل حفاظت فردی است. رتبه ریسک به دست آمده برای چهار ماده دیگر در محدوده کم و متوسط است.

سطح ریسک و رتبه ریسک را با استفاده از فرمول و ماتریس ریسک می‌توان تعیین کرد ولی نیاز به صرف زمان است. حال

تاریخچه بهداشت حرفه‌ای شامل تحقیقاتی در راستای اثرات مواجهه شیمیایی بر روی کارگران و تلاش‌های منظمی برای مدیریت ریسک مواد شیمیایی بوده است. کنترل خطرات بهداشتی از مرحله تولید، استفاده تا دفع مواد شیمیایی اهمیت بسیار زیادی دارد. با افزایش روزافزون تولید و استفاده از مواد شیمیایی ریسک مواجهه با مواد نیز افزایش می‌یابد همچنین ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی اثرات سوء آن‌ها را تعیین می‌کند [۱۲]. ارزیابی مواجهه بهداشتی به کنترل غلظت مواد خطرناک در هوا یا متابولیسم‌های مایعات بدن نیاز دارد. البته در مواردی گفته شده است که با حاصل ضرب سه معیار ریسک، مدت زمان مواجهه و حساسیت‌هایی فردی می‌توان ریسک مواجهه بهداشتی را ارزیابی نمود [۱۳]. ارزیابی ریسک فرآیندی است که خطر، مواجهه و داده‌های دز - پاسخ را به منظور تعیین ریسک جمعیت کارگران در معرض به منظور تأمین اطلاعات بهداشتی مورد نیاز برای مدیریت ریسک باهم ترکیب می‌کند [۱۴]. آسکمو و همکاران اطلاعات ریسک شیمیایی را که برای خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی استفاده می‌شد را با نرم‌افزار استاندارد چرخه عمر برای توسعه تولید به هم مرتبط کردند [۱۵]، اما این ادغام فقط به منظور افزایش تولید بوده است در صورتی که در این مطالعه،



نتیجه گیری

نرم افزار SQCRA اما ابزار مناسبی است که کارشناسان بهداشت شغلی می توانند به سادگی و بدون نیاز به اندازه گیری هوای محیط کار که مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می باشند، ریسک های عمده محیط های کاری را شناسایی و به طور نیمه کمی ارزشیابی نمایند. یکی از نواقص این نرم افزار این است که این ابزار تنها مسیر تنفسی را برای مواجهه با مواد شیمیایی در نظر می گیرد. هر چند اصلی ترین راه مواجهه های شغلی مسیر تنفسی است؛ اما نمی توان مسیرهای پوستی و گوارشی را نیز در نظر گرفت. لذا به کارشناسان توصیه می شود به منظور تعیین ریسک دقیق شرایط کار با مواد شیمیایی، ارزیابی جامع مواد شیمیایی را که لازمه آن پایش هوای محیط کار است. پس از انجام ارزیابی ریسک نیمه کمی، در برنامه های بهداشتی خود داشته باشند.

اینکه با گنجاندن این فرمول و ماتریس در نرم افزار، می توان در کوتاه ترین زمان سطح ریسک و رتبه ریسک را محاسبه نموده و اقدامات پیشنهادی را ارائه داد. تمامی ابزارهایی که به منظور ارزیابی ریسک در فرآیندهای صنعتی به کار می روند، در گام اول به منظور شناسایی خطرات و در مرحله دیگر جهت اولویت بندی خطرات به کار می روند [۸]. هر کدام از روش های پیشنهاد شده دارای کاستی هایی می باشند؛ اما در نهایت هدف تمامی آن ها ایجاد شرایطی است که در هنگام تصمیم گیری ها به ویژه در رابطه با اقدامات کنترلی و بهینه سازی شرایط کاری می توانند ریسک های موجود را اولویت بندی نموده و هزینه های بهسازی را که در اغلب اوقات محدود می باشند، در زمینه کنترل مهم ترین خطرات موجود، جهت دهی نمایند [۱۶].

منابع

1. Golbabaie F, Eskandari D, Rezazade AM, Jahangiri M, Rahimi M, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. *Iran Occupational Health*. 2012; 9(3): 11-21. [persian]
2. Falaki F, Farshad A. textbook of public health: safety chemicals. Third Printing, Arjomand; 2007.
3. NIOSH, Occupational Diseases - A guide to their recognition. Publication No. 77-181; 1977.
4. ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents. American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010. p. 16-57.
5. Allahyari T. Risk analysis and risk assessment in chemical processes. Tehran: Fanavar; 2006.
6. Azari R. Textbook of public health: chemicals health risk assessment in individual exposure, Third Printing, Arjomand; 2007.
7. NOHSC. Guidance notes for the assessments of health risks arising from the use of hazardous substances in the workplaces. National Occupational Health and Safety Commission; 1994, p. 17-18.
8. Department of Occupational Safety and Health. assessment of the health risks arising from the use of hazardous substances in the workplace. Malaysia, Ministry of Human Resources; 2000.
9. Occupational Health department. Guidelines on risk assessment for occupational exposure to harmful chemicals. Singapore, Ministry of Manpower; 2002. p. 3-26.
10. ACGIH. Industrial ventilation, a manual of recommended practice for design. American Conference of Industrial Hygienists, Edition 23; 1998.
11. Jahangiri M, Parsarad M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. *Iran Occupational Health Journal* 2011; 7(4): 4-10. [persian]
12. Henschler D, Dekant W. Toxicological risk assessment in different jurisdictions. *Regulatory Toxicology* 2014; 20: 607-614.
13. Drexler H, Shukla A. Importance of exposure level for risk toxicological assessment. *Regulatory Toxicology*. 2014; 22: 569-575.
14. Askham C. Linking chemical risk information with life cycle assessment in product development. *Journal of Cleaner Production* 2013; 51: 196-204.
15. Kuempel ED. Risk assessment and risk management of nanomaterials in the workplace: translating research to practice. *Annals of occupational hygiene* 2012; 56(5): 491-505.
16. Swaen JM. Risk assessment of leukemia and occupational exposure to benzene. *Br J Ind Med*. 1989; 46: 826-830.



Research Article

Designing SQCRA as a Software to Semi-quantitative Chemical Risk Assessment in Workplace

Ali Karimi^{1*}, Hamid Reza Jamshidi Slukloei², Samira Eslamizad³

Received: 11 July 2014

Accepted: 21 September 2014

Abstract

Background & Objectives: The aim of chemical risk assessment is to identify and evaluate risks originated from chemicals usages. This study aims to design a practical tool for facilitating chemical risk assessment.

Methods: The proposed software was derived from chemical risk assessment method which was recommended by Ministry of Human Resources of Malaysia. All of the processes in question are designed in operating system software. Based on some revisions, this software was developed using Visual Basic (VB) titled as SQCRA. The developed software was used for chemical risk assessment in Narges Vegetale Oil Company in Shiraz (center of Iran).

Result: The output of software showed that the level of risk derived from sulfuric acid, phosphoric acid, aluminum sulphate, nickel catalyst, acetic acid used as a raw material were 2.4, 2.84, 2.3, 3.5 and 2.66, respectively. Moreover, risk rank and proposed control methods for each of these materials were determined.

Conclusions: The developed software calculates the health risk level based on the degree of hazard and exposure in shorttime and without using risk matrix and chemical formula. After determining the risk rank, the software proposes the control procedures to reduce occupational exposure.

Keywords: Risk Assessment, Chemicals, Occupational Exposure, Software of SQCRA

Please cite this article as: Karimi A^{1*}, Jamshidi Slukloei HR², Eslamizad S³. Design of SQCRA as Software to Semi-Quantitative Chemical Risk Assessment in Workplace. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2014; 1(2):47-56.

1*. (Corresponding author): Department of Occupational Health, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran. Email: alikarimi57@gmail.com, alikarimi@sums.ac.ir.

2.Msc Student of Occupational Health , School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. Phd Student of Toxicology, School of Pharmacology, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.