

Validation CHEM-SAM Model using SQRA Method in Exposure to Toxic Substances in a Chemistry Research Lab

Sara Karimi Zeverdegani ¹, Samira Barakat ^{1*}, Maryam Yazdi ²

¹ Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

² Department of Statistics and Epidemiology, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Received: 18 May 2016 Accepted: 12 July 2017

Abstract

Background and Aim: Chemicals are widely used in the workplace and educational life so written control procedures are necessary. In this regard it is important to identify chemical risks. In this study, we evaluated the risk of exposure to toxic substances in a chemistry research laboratory using CHEM-SAM model and a semi-quantitative risk assessment method.

Methods: This cross-sectional study was conducted in a chemistry research laboratory. The study included several stages: preparation of a chemicals list, separating solids and liquids, collecting data on exposure time, frequency of exposure, ventilation system performance, laboratory hoods review, risk assessment methods with CHEM-SAM model for toxic solids and liquids, solids and liquids risk assessment methods with SQRA, and comparison of the two risk assessment methods.

Results: Risk assessment for toxic liquids showed the highest risk level for the CHEM-SAM model and a moderate risk level for the SQRA method. Solid risk assessment with SQRA and CHEM-SAM showed the risk level was low and very low, respectively. Results showed no significant differences between the two methods (p -value>0.05).

Conclusion: The SQRA method and CHEM-SAM model showed similar results. Both methods are simple and require no special equipment so can be used to assess the risk of exposure to toxic substances.

Keywords: CHEM-SAM model; SQRA method; Chemical substances; Chemistry research lab

*Corresponding author: Samira Barakat, Email: S_Barakat@hlth.mui.ac.ir

اعتبار سنجی مدل CHEM-SAM با استفاده از روش SQRA در مواجهه با مواد سمی یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی

سارا کریمی زوردگانی^۱، سمیرا برکات^{۱*}، مریم یزدی^۲

^۱ گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

^۲ گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: مواد شیمیایی در محیط های کار، زندگی و آموزشی استفاده گسترده ای دارد و نیاز است برای کنترل آن ها برنامه های خاصی تدوین گردد. در این راستا شناسایی خطرات و اولویت بندی این مواد حائز اهمیت می باشد، به همین دلیل در این تحقیق هدف ارزیابی ریسک مواجهه با مواد سمی در یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی با استفاده از یک مدل و یک روش نیمه کمی می باشد.

روش ها: این مطالعه توصیفی تحلیلی بوده و در یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی انجام گرفت. مراحل جمع آوری اطلاعات عبارت بود از: تهیه لیست کامل مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه به تفکیک جامدات و مایعات سمی، جمع آوری اطلاعات کامل در خصوص سمیت مواد، اطلاعات مربوط به ساعات و دفعات مواجهه، کارایی سیستم تهویه موجود در آزمایشگاه و بررسی هودهای آزمایشگاهی، ارزیابی و مقایسه ریسک مواجهه افراد با روش CHEM-SAM و SQRA برای جامدات و مایعات سمی.

یافته ها: ارزیابی ریسک مایعات سمی نشان داد بیشترین سطح ریسک با مدل CHEM-SAM و روش SQRA در سطح متوسط بود در حالی که در ارزیابی ریسک جامدات سمی به روش SQRA بیشترین فراوانی ریسک مربوط به سطح ریسک کم و در مدل CHEM-SAM بیشترین فراوانی در سطح ریسک خیلی کم به دست آمد. به طور کلی نتایج دو روش ارزیابی ریسک اختلاف معنی داری را نشان نداد ($P > 0.05$).

نتیجه گیری: مدل CHEM-SAM و روش نیمه کمی ارزیابی ریسک نتایج مشابهی را نشان داد. هر دو روش ساده بوده و نیاز به تجهیزات خاصی ندارد بنابراین می توان این مدل را در شرایط استفاده از مواد شیمیایی و مواجهه با آن ها در ارزیابی های ریسک مورد استفاده قرار داد.

کلیدواژه ها: مدل CHEM-SAM، روش SQRA، مواد سمی، آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی

* نویسنده مسئول: سمیرا برکات. پست الکترونیک: S_Barakat@hlth.mui.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۲۱

مقدمه

امروزه مواد شیمیایی به صورت مکرر در محیط کار و زندگی استفاده می شود به طوری که برخی از آنها طبیعت خطرناکی دارند، با وجود این که برخی دیگر از مواد شیمیایی طبیعت خطرناکی ندارند اما تحت فرایندهای فیزیکی و شیمیایی مانند حرارت دیدن، ترکیب شدن، رقیق سازی یا سایر واکنش های شیمیایی، ممکن است پروسه یا محصول خطرناکی تولید شود. اگر کارکنان دانش کافی در خصوص خطر و ریسک استفاده از مواد شیمیایی نداشته باشند، امکان رخ دادن حوادث وجود خواهد داشت، همچنین کارفرما نیز به شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک درگیر در کار نیاز دارد، به طور کلی این اقدامات به عنوان ارزیابی ریسک دانسته شده است (۱). شناسایی، ارزیابی و کاهش ریسک موضوع بسیار مهمی در زمینه ایمنی محیط کار مطرح می باشد که به طور مؤثری بر بهداشت و ایمنی تأثیرگذار است. روش های متعددی برای ارزیابی ریسک ها در محیط کار اعم از کمی، کیفی و ترکیبی وجود دارد (۲). در زمینه های مختلف مهندسی بهداشت حرفه ای به موضوع ارزیابی ریسک پرداخته شده که در مطالعات مختلف به آن اشاره شده است (۳،۴). مشکلات بهداشت شغلی ایجاد شده توسط مواجهه با مواد خطرناک مدت زمانی طولانی است که بخشی از تاریخ بوده و ارزیابی ریسک سمیت مواد ابزار مفیدی برای شناسایی و الویت بندی خطرات می باشد (۵). باید توجه داشت گرچه مواد شیمیایی مزایایی دارد اما باید اثرات مضر آن ها نیز به منظور پیشگیری یا به حداقل رسانیدن ریسک احتمالی برای سلامت انسان و محیط، به طور کامل دانسته شود، خوشبختانه امروزه روش هایی برای ارزیابی ریسک مواد شیمیایی برای انسان و محیط توسعه یافت است (۶). اجرای ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک از فرآیندهای مهم در مدیریت ریسک مواد شیمیایی مخاطره آمیز می باشد (۷). در برخی پروسه های ارزیابی ریسک، اثرات مضر بالقوه مواد شیمیایی مدنظر است، این اثرات به چندین فاکتور بستگی دارد از جمله: میزان و مدت مواجهه، توانایی ماده شیمیایی، ساعات مواجهه، مکانیسم اثر، واکنش های بین ماده شیمیایی دریک ترکیب (۸). در ایمنی شیمیایی واژه خطر بعنوان خصوصیات خطرناک ذاتی یک ماده یا عملیات شیمیایی تعریف شده در حالی که ریسک به معنای احتمال اینکه خصوصیات خطرناک از یک ماده شیمیایی یا خطری از یک عملیات شیمیایی باعث آسیب به افراد شود و همچنین بررسی شدت آسیب مربوطه، تعریف می گردد (۱). ارزیابی ریسک در ایمنی شیمیایی شامل شناسایی خطرات این مواد، بررسی این که چه کسی تحت تاثیر قرار می گیرد، ارزیابی ریسک ناشی از خطرات، ثبت یافته ها و نهایتاً بررسی مجدد ارزیابی انجام شده می باشد (۱). همانگونه که در پروسه های صنعتی مواجهه با مواد شیمیایی خطرناک وجود دارد در روند آموزشی در آزمایشگاه های شیمی نیز این مشکل وجود دارد. در این گونه محل ها بایستی ایمنی و بهداشت افراد درگیر

تأمین گردد، بویژه برای دانشجویان، محققین، تکنسین ها، دستیاران آزمایشگاه و کسانی که به صورت مداوم در معرض مواجهه با مواد شیمیایی قرار دارند (۹). در محیط های کار هر فرد مسئول ایمنی خود است اما با این حال نیاز به آگاه نمودن افراد از خطرات و ریسک های موجود وجود دارد به این منظور به طور کلی چندین روش ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی تعریف شده که افراد را در شناسایی خطرات و تصمیم گیری در خصوص الویت بندی اقدامات اصلاحی یاری می رساند. باید توجه داشت امروزه شیوه های گوناگونی برای ارزیابی ریسک مواجهه با خطرات وجود دارد اما روش هایی که قادر به ارزیابی ریسک های بهداشتی ایجاد شده در مواجهه با مواد شیمیایی باشند به ندرت مورد توجه قرار گرفته اند (۱۰). یکی از روش های حاضر تحت عنوان روش نیمه کمی ارزیابی ریسک (SQRA) است که خصوصیات خطر در این شیوه حساس بوده و ابزار مفیدی با رویکرد مبتنی بر ریسک در طراحی می باشد (۱۱). این روش توسط دپارتمان بهداشت شغلی در وزارت نیروی انسانی مالزی به منظور ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با مواد شیمیایی ارائه شد. متغیرهای بکار رفته در این روش شامل برخی از اطلاعات ارائه شده از سوی سازمان های مرتبط با خطرات مواد شیمیایی از قبیل: انجمن تحقیق بر روی سرطان سازمان جهانی بهداشت (IARC)، کنفرانس دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) و برنامه ملی سم شناسی آمریکا (NTP) می باشند که مواد شیمیایی را از دیدگاه میزان خطرات سلامتی طبقه بندی می نمایند. میزان خطر بالقوه مواد شیمیایی بر اساس دسته بندی صورت گرفته در این سازمان ها می توان تعیین کرد. متغیرهایی که در زمینه تعیین شرایط مواجهه بکار می روند شامل عواملی که به ویژگی های ذاتی مواد وابسته است نظیر نسبت آستانه بویایی به حد تماس مجاز، اندازه مواد ذره ای و فشار بخار مواد شیمیایی و برخی از متغیرها نیز به شرایط استفاده از ماده شیمیایی وابسته است مثل مقدار مصرف هفتگی، مدت زمان کار با ماده شیمیایی و کیفیت روش های کنترلی. مراحل اجرای این ارزیابی عبارت است از: ۱) تشکیل گروه کاری، ۲) تفکیک فرآیند به وظایف موجود، ۳) شناسایی مواد شیمیایی موجود، ۴) تعیین سطح خطر بالقوه مواد یا نرخ خطر (HR)، ۵) تعیین نرخ مواجهه (ER): در این قسمت با توجه به فاکتورهای مواجهه از جمله: الف) فشار بخار برای گازها و مایعات و اندازه ذرات برای مواد جامد، ب) نسبت آستانه بویایی به حد مجاز تماس، ج) اقدامات کنترلی موجود، د) مقدار مصرف روزانه ماده شیمیایی، ه) مدت زمان کار با ماده شیمیایی، شاخص مواجهه مشخص می گردد. ۶) تعیین میزان ریسک، ۷) تفسیر ریسک محاسبه شده، ۸) اقدامات کنترلی پیشنهادی (۱۲).

سازمان غذا و کشاورزی در سال ۲۰۰۹ عنوان کرده که روش ارزیابی ریسک نیمه کمی واسطه ای را بین سنجش متنی و عددی در ارزیابی کمی ریسک ایجاد می کند (۱۱). در ارزیابی ریسک

- ارزیابی ریسک به روش SQRA برای جامدات و مایعات سمی

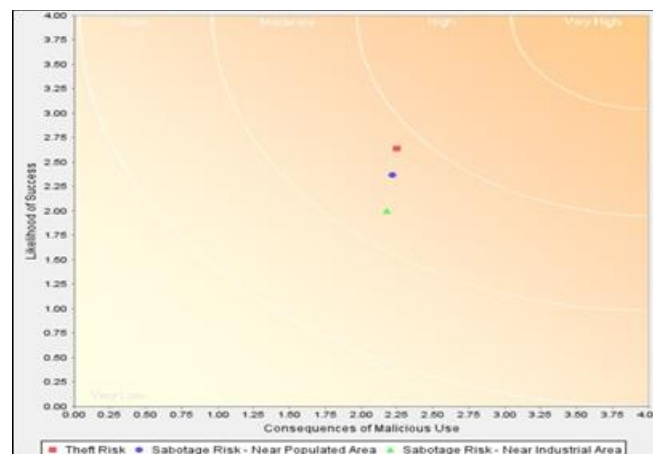
روش CHEM-SAM: روش CHEM-SAM توسط دپارتمان برنامه بین المللی کاهش تهدیدات شیمیایی آزمایشگاه های ملی ساندا در آمریکا طراحی شده است. این روش به سه سوال اساسی پاسخ می دهد. (۱) چه اتفاقی می تواند رخ دهد؟ (۲) احتمال وقوع چقدر است؟ (۳) در صورت وقوع، چه پیامدی دارد؟ (۱۳). این روش مبتنی بر چند مرحله است: تعیین ویژگی مواد شیمیایی، تعریف خصوصیات مضر بالقوه مواد شیمیایی، محاسبه ریسک ایمنی مواد شیمیایی و تعیین قابلیت پذیرش ریسک. این روش حاوی ۸۸ سوال بود که دربردارنده ی متغیرهایی از قبیل: شرایط نگهداری و انتقال ماده، میزان سمیت ماده، قابلیت اشتعال، فراریت، فرم فیزیکی ماده، راه ورود به بدن، نوع مواجهه، شرایط بسته بندی ایمن ماده، شرایط کنترل در محیط مورد نظر، برچسب گذاری ماده، شرایط کنترل در خارج از محیط کار، موارد هشدار دهنده، آموزش ایمنی ماده، شرایط انهدام ماده، مدیریت و برنامه ریزی می باشد که در نرم افزار اکسل طراحی شده است. هر متغیر دربرگیرنده سوالات مرتبط بوده که ۴ گزینه برای جواب دادن به هر سوال وجود دارد. با جواب دادن به تمامی سوالات در نرم افزار اکسل سطح ریسک مشخص می گردد. این روش دارای ۵ سطح ریسک خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می باشد. در این مطالعه نتایج مدل برای افراد داخل و خارج در خصوص ریسک ریخت و پاش (Theft risk) و ریسک خرابکاری (Sabotagerisk) نزدیک محل پرجمعیت تعیین گردید. شکل ۱- تصویر خروجی مدل CHEM-SAM در نرم افزار اکسل را نشان می دهد (۱۴).

مواجهه با مواد شیمیایی مدل هایی نیز تعریف شده که کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. از جمله مدل CHEM-SAM که شامل رنج گسترده ای از سوالات در خصوص مواد شیمیایی و مواجهه با آنها بوده درحالی که در تحقیقات به آن پرداخته نشده و هدف از تحقیق حاضر مقایسه مدل CHEM-SAM با روش ارزیابی نیمه کمی ریسک (SQRA) می باشد که در یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی انجام گرفته است.

روش ها

این تحقیق به صورت توصیفی تحلیلی بوده که در یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی در سال ۱۳۹۴ برای ۱۹ ماده شیمیایی مایع و ۱۳ ماده شیمیایی جامد (جمعاً ۳۲ ماده شیمیایی) انجام شد. مراحل اجرای این مطالعه عبارت بود از:

- تهیه لیست کامل مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه به تفکیک جامدات و مایعات شیمیایی اعم از مواد اولیه، مواد ناشی از برخی فرایندها و کارهای تحقیقاتی و تهیه اطلاعات کامل فیزیک و شیمیایی مواد.
- جمع اوری اطلاعات کامل سمیت مواد: این سری از یافته ها از طریق مراجعه به کتب و مراجع مربوطه، بررسی برچسب روی ظروف و برگه اطلاعات ایمنی مواد تهیه گردید.
- اطلاعات مربوط به ساعات مواجهه، دفعات مواجهه، کارایی سیستم تهویه آزمایشگاه، بررسی هودهای آزمایشگاه.
- ارزیابی ریسک با روش CHEM-SAM برای جامدات و مایعات سمی



شکل-۱. خروجی مدل CHEM-SAM

گردیده، به دست آورد. فاکتور دوم نرخ مواجهه (ER) بوده که به دو روش به دست می آید. (۱) بر اساس سطح مواجهه واقعی زمانی که نتایج پایش هوا در دسترس باشد. متوسط وزنی مواجهه هفتگی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد:

روش SQRA: در این روش دو فاکتور حائز اهمیت وجود دارد، فاکتور نرخ خطر (HR) و فاکتور نرخ مواجهه (ER) می باشد. پس از شناسایی مواد شیمیایی موجود برای تعیین درجه خطر با استفاده از اطلاعات مربوط به مقادیر سمیت حاد مواد، LD₅₀ و LC₅₀ و یا از طریق اثرات سمی مواد شیمیایی که در جدولی تعریف

n: تعداد شاخص های مواجهه مورد استفاده، EI: شاخص مواجهه. شاخص مواجهه با توجه به فاکتورهای مواجهه که در جدولی تعریف شده، تعیین می شود.

نهایتاً میزان ریسک با محاسبه HR و ER از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\text{سطح ریسک} = (HR \times ER)^{1/2}$$

ریسک در ۵ سطح ناچیز، کم، متوسط زیاد و خیلی زیاد به دست می آید (۱۵). پس از جمع آوری اطلاعات نتایج دو روش ارزیابی ریسک، مقایسه شد.

تجزیه و تحلیل داده ها: آنالیز داده ها با نرم افزار آماری 20SPSS و آزمون آماری Chi-square صورت گرفت و تمام مقادیر P value با سطح معنی داری تعدیل شده به روش بونفرنی مقایسه گردید.

ملاحظات اخلاقی: در این تحقیق به دلیل این که از نمونه های انسانی استفاده نشد، نیازی به ملاحظات اخلاقی نبوده است.

نتایج

سطوح ریسک با مدل CHEM-SAM در چهار حالت ریسک استفاده نامناسب و ریسک خرابکاری در بیرون و داخل به دست آمد و با روش SQRA به تفکیک جامدات و مایعات سمی مقایسه گردید که در نمودار ۱ و ۲ ترسیم شده است. کل ریسک به دست آمده به طور کلی به دو روش در جدول-۲ نشان داده شده و در مورد تمام موارد $P_{value} < 0.01$ به دست آمد.

$$E = \frac{F \times D \times M}{W}$$

E: میزان مواجهه هفتگی (mg/m³ یا ppm)، F: تعداد دفعات مواجهه در هفته، M: میزان مواجهه (mg/m³ یا ppm)، W: متوسط ساعت کار هفتگی (۴۰ ساعت)، D: متوسط مدت هر مواجهه (ساعت). E محاسبه شده با حدود مجاز مواجهه شغلی OEL مقایسه شده و سپس نرخ مواجهه از جدول زیر تعیین می شود:

جدول-۱. تعیین درجه مواجهه

| رتبه مواجهه | E/OEL |
|-------------|-----------|
| ۱ | <۰/۱ |
| ۲ | ۰/۱ - ۰/۵ |
| ۳ | ۰/۵ - ۱ |
| ۴ | ۱ - ۲ |
| ۵ | ۲ |

زمانی که مواجهه با دو یا چند ماده شیمیایی با اثرات مشابه صورت می گیرد، مواجهه ترکیبی لحاظ می گردد. (۲) با استفاده از شاخص مواجهه.

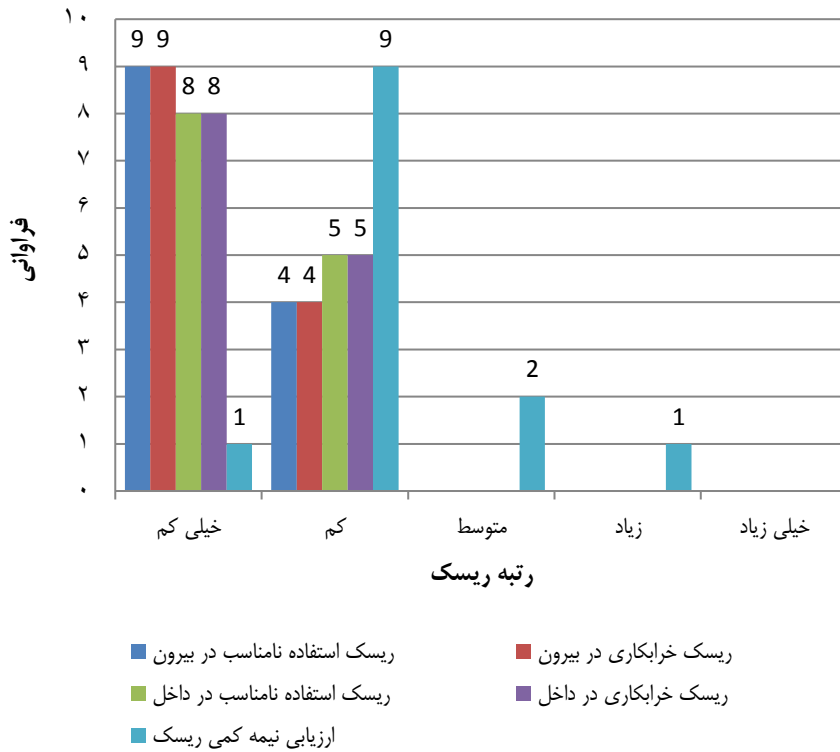
زمانی که نتایج پایش هوا موجود نباشد، درجه مواجهه را می توان با استفاده از شاخص مواجهه (EI) و توسط فرمول زیر به دست آورد:

$$ER = [EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n]^{1/n}$$



- ریسک استفاده نامناسب در بیرون
- ریسک خرابکاری در بیرون
- ریسک استفاده نامناسب در داخل
- ریسک خرابکاری در داخل
- ارزیابی نیمه کمی ریسک

نمودار-۱. سطوح ریسک برای مایعات سمی به دو روش ارزیابی ریسک CHEM-SAM و SQRA



نمودار-۲. سطوح ریسک برای جامدات سمی به دو روش ارزیابی ریسک CHEM-SAM و SQRA

جدول-۲. سطوح ریسک کلی به دست آمده برای دو روش ارزیابی ریسک CHEM-SAM و SQRA

| خیلی کم | کم | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | |
|------------|------------|------------|-----------|-----------|--|
| ۲۸/۱٪ (۹) | ۳۴/۴٪ (۱۱) | ۲۸/۱٪ (۹) | ۹/۴٪ (۳) | | ریسک خرابکاری داخل آزمایشگاه |
| ۳۱/۲٪ (۱۰) | ۳۷/۵٪ (۱۲) | ۲۸/۱٪ (۹) | ۳/۱٪ (۱) | | ریسک خرابکاری خارج از آزمایشگاه |
| ۲۸/۱٪ (۹) | ۳۴/۴٪ (۱۱) | ۳۷/۵٪ (۱۲) | | | ریسک استفاده نامناسب داخل آزمایشگاه |
| ۲۸/۱٪ (۹) | ۴۰/۶٪ (۱۳) | ۲۸/۱٪ (۹) | ۳/۱٪ (۱) | | ریسک استفاده نامناسب خارج از آزمایشگاه |
| ۳/۱٪ (۱) | ۴۶/۹٪ (۱۵) | ۳۷/۵٪ (۱۲) | ۱۲/۵٪ (۴) | | روش ارزیابی نیمه کمی ریسک |

بحث

ارزیابی ریسک مواد شیمیایی در صنعت پتروشیمی بیان نمودند ۴۸/۱۴٪ مواد در سطح ریسک پایین و ۲۹/۶۲٪، ۱۸/۵۱٪ و ۳/۷٪ به ترتیب در سطح ریسک متوسط، بالا و بسیار بالا قرار دارند. احتمالاً علت تفاوت این نتایج با مطالعه حاضر این است که مواد شیمیایی مورد بررسی این مطالعه در یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی انجام شده در حالی که Dazi و همکاران در محیط صنعتی انجام داده اند (۱۶). در خصوص ارزیابی ریسک جامدات سمی به روش SQRA بیشترین فراوانی ریسک مربوط به سطح ریسک کم بوده در حالی که در مدل CHEM-SAM بیشترین فراوانی در سطح ریسک خیلی کم است در هر دو روش سطح ریسک زیاد و خیلی زیاد گزارش نشده است (نمودار-۲). در جدول ۱- مقایسه کلی دو روش نشان داده شده است به طوری که بیشترین فراوانی سطوح ریسک در روش CHEM-SAM و SQRA مربوط به ریسک کم

در خصوص ارزیابی ریسک مواجهه با مواد سمی در آزمایشگاه ها مدل CHEM-SAM تعریف شده در حالی که در مطالعات به آن پرداخته نشده اما با توجه به این که در برخی مطالعات به روش SQRA اشاره شده بود از این رو این روش برای بررسی نتایج مدل CHEM-SAM انتخاب گردید. در یک آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی لیست ۳۲ ماده سمی به تفکیک جامدات و مایعات تهیه و ارزیابی ریسک با دو روش عنوان شده انجام گرفت. ارزیابی ریسک مایعات سمی به دو روش مورد نظر حاکی از این بود که بیشترین سطح ریسک با مدل CHEM-SAM و روش SQRA در سطح متوسط بوده و پس از آن بیشترین سطح ریسک در هر دو روش در حالت ریسک کم به دست آمد. همچنین ریسک خیلی زیاد در دو روش ارزیابی ریسک وجود نداشت (نمودار-۱). Dazi و همکاران در

زیاد بوده و زمانبر است. از اینرو ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی در تمام محیط‌هایی که امکان مواجهه با چنین آلاینده‌هایی وجود دارد به منظور اولویت بندی اقدامات کنترلی توصیه می‌شود. از محدودیت‌های مهم این تحقیق هماهنگی‌های لازم به علت انجام کارهای تحقیقاتی و پژوهشی در آزمایشگاه و برنامه ریزی به منظور عدم تداخل جمع‌آوری اطلاعات مربوطه با فرایندهای آزمایشگاهی درگیر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

هر دو روش در محیط‌هایی حاوی مواد شیمیایی سمی قابل اجرا می‌باشند. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد دو روش اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر ندارند. ولی مدل CHEM-SAM رنج وسیعی از سؤالات از ویژگی‌های ماده تا شرایط انهدام و ایمنی ماده را پوشش می‌دهد. مدل CHEM-SAM در مقایسه با روش SQRA ساده بوده و به مهارت، تخصص و تجهیزات خاصی نیاز ندارد، فاقد محاسبات پیچیده‌ای بوده و نرم‌افزار اکسل آن راحت و در دسترس می‌باشد.

تشکر و قدردانی: نویسندگان از کارشناس محترم آزمایشگاه جهت همکاری در تهیه لیست مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه کمال تشکر را دارند.

تضاد منافع: بدین وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند در این مطالعه هیچگونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع

1. Chemical Safety in the Workplace Guidance Notes on Risk Assessment and Fundamentals of Establishing Safety Measures. In: Occupational Safety and Health Branch LD, editor. 2001.
2. Meško A, Ieviš J, Roja Z. Methods of the Environmental Risk Analysis and Assessment, the Modified Method of the Risk Index. Safety of Technogenic Environment. 2012;50-6.
3. Zaboli R, Karamali M, Salem M, Rafati H. Risk management assessment in selected wards of hospitals of Tehran Iranian Journal of Military Medicine 2011;12(4):197-202.
4. Ghotbi Ravandi M, Monazam M, Haghdoost A, Barsam T, Akbari H, Akbari H. Assessment of the risk of occupational exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. Iranian Journal of Military Medicine. 2011;13(3):133-40.
5. Ding Q. Regulatory tools for managing chemicals risk at the workplace Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden; 2013.
6. Elsa Nielsen, Grete Ostergaard, Larsen JC. toxicological risk assessment of chemicals, a practical guideinforma health care USA , Inc; 2008.
7. Farshad A, Oliaei HK, Mirkazemi R, Bakand S. Risk assessment of benzene, toluene, ethylbenzene,

بوده (به ترتیب ۴۰/۶٪ و ۴۶/۹٪) و پس از ریسک کم بیشترین فراوانی ریسک در هر دو روش مربوط به ریسک متوسط بوده است (۳۷/۵٪). در خصوص ریسک زیاد، روش SQRA نسبت به مدل مورد بررسی فراوانی بیشتری داشته است. به طور کلی در برخی مطالعات عنوان شده که روش SQRA به ویژه برای ریسک‌هایی با اثرات فاجعه‌انگیز بالقوه به کار می‌رود مثلاً برای حوادثی که دارای عواقب بحرانی می‌باشند (۱۷). در تحقیق انجام شده برای مقایسه دو روش، آزمون آماری Chi-square و روش بونفرنی به کار برده شد و نتایج حاکی از این بود که در مقایسه هر چهار حالت مدل CHEM-SAM با روش SQRA میزان $P < 0.01$ بوده است و دو روش مورد بررسی در این تحقیق اختلاف معنی‌دار آماری در نتایج نداشتند. به طور کلی مطالعات اندکی در خصوص ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی انجام شده از جمله در تحقیقی ارزیابی خطر بهداشتی فاکتورهای شیمیایی خطرناک در محیط کار صورت گرفت که یک روش ارزیابی ریسک ایجاد شده توسط دیپارتمان بهداشت شغلی سنگاپور استفاده گردید. نتایج نشان داد ۸۱٪ مواد شیمیایی مورد استفاده در این صنعت در ریسک متوسط و بالا قرار داشتند (۱۰) اما در خصوص مدل CHEM-SAM مطالعات دیگری به منظور مقایسه با این نتایج یافت نشد. در مقایسه دو روش به کار برده شده نتایج نشان داد به طور کلی سطوح ریسک زیاد در مایعات آزمایشگاهی نسبت به جامدات بیشتر بوده است.

بایستی توجه داشت با توجه به این که اقدامات کنترلی در تمامی محیط‌های کار از جمله آزمایشگاه‌ها نیازمند صرف هزینه

- and xylenes (btex) in paint plants of two automotive industries in iran by using the coshh guideline. European Scientific Journal, ESJ. 2014;9(10):270-6.
8. Safe SH. Hazard and Risk Assessment of Chemical Mixtures Using the Toxic Equivalency Factor Approach. Environmental Health Perspectives 1998;106.
9. Siti Nurul Hunadia Husina, Abu Bakar Mohamada, Abdullaha SRS, Anuara N. Chemical Health Risk Assessment at The Chemical and Biochemical Engineering Laboratory. Procedia - Social and Behavioral Sciences 2012;60:300-7.
10. Beheshti MH, A Fc, Alinaghi Langari AA, S R. Semi-quantitative risk assessment of health exposure to hazardous chemical agents in a petrochemical plant. JOHE. 2015;4(1).
11. Semi-Quantitative Risk Assessment. WorleyParsons Canada Services Ltd.; Calgary, Alberta. canada; 2013.
12. Karimi A, Slukloei J, Reza H, Eslamizad S. Designing SQCRA as a Software to Semi-quantitative Chemical Risk Assessment in Workplace. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014;1(2):47-56.
13. HTTP:// WWW.CSP- STATE.NET/

RESOURCES /CHEM-SAM./

14. laboratoris sn. ICRT. international chemical threat reduction 2012. Available from: www.csp-state.net/wp-content/uploads/2013/11/Chem-SAM.xlsx.

15. manpower mo. a semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals. singapore: occupational safety and health division.

16. Dazi H, Heydari P, Shokri S, Varmazyar S,

Safari Variani A. Semi-Quantitative Assessment of the Health Risk of Occupational Exposure to Chemicals and Evaluation of Spirometry Indices on the Staff of Petrochemical Industry. Archives of Hygiene Sciences. 2017;6(1):49-57.

17. safety and health at Work european good practice Awards, healthy Workplaces a european campaign on risk assessment: Healthy Workplaces, European agency for safety and health at work; 2008-9.