DOI: 10.48305/jhsr.v19i4.1511 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 19, No. 4, Winter

Received: 10.03.2022 Accepted: 03.10.2022 Published: 06.12.2023

Introduction and Review of Semi-Quantitative Risk Assessment of Chemicals in the Workplace by SQRA Method

Sara Karimi-Zeverdegani[1], Zahra Ordudari[2]

Review Article

Abstract

Many people around the world are exposed to different chemicals in various occupations. Contact with chemicals can lead to numerous health effects. There is a growing need for risk assessment of hazardous chemicals and related processes that impact the health of individuals who are exposed to them. Chemical risk assessment enables us to make informed decisions regarding control measures and to safeguard employees from the adverse effects of chemicals. Health risk assessment methods are performed in two ways: qualitatively (using a risk assessment matrix) or quantitatively. Common methods used in the field of chemical exposure risk assessment include the semi-quantitative risk assessment (SQRA) method, United States-Environmental Protection Agency (USEPA) method, Department of Occupational Safety and Health (DOSH) method, Department of Occupational Safety and Health (DOSH) method, Chemical Hazard Risk Management (CHARM) method, and Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA) method. Due to the lack of epidemiological data and the complexity of quantitative methods, some studies employ semi-qualitative methods, such as SQRA, for assessing the risk of exposure to hazardous chemicals. In this review study, the SQRA method for semi-quantitative risk assessment of chemicals in the workplace will be introduced.

Keywords: Semi-quantitative chemical risk assessment; Hazardous substances; Work place; Review

Citation: Karimi-Zeverdegani S, Ordudari Z. **Introduction and Review of Semi-Quantitative Risk Assessment of Chemicals in the Workplace by SQRA Method.** J Health Syst Res 2024; 19(4): 257-64.

1- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- PhD Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Zahra Ordudari; PhD Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: ordudari@hlth.mui.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

DOI: 10.48305/jhsr.v19i4.1511 Published by Vesnu Publications

معرفی و مروری بر ارزیابی خطر نیمه کمی مواد شیمیایی موجود در محیط کار به روش ارزیابی ریسک نیمه کمی مواد شیمیایی (SQRA)

سارا کریمی زوردگانی[1]، زهرا اردودری[2]

مقاله مروری

چکیده

افراد زیادی در سراسر جهان در مشاغل گوناگون با مواد شیمیایی مختلفی مواجهه دارند. تماس با مواد شیمیایی می‌تواند منجر به اثرات بهداشتی بی‌شماری گردد. نیاز روزافزونی برای ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک و فرایندهای مرتبط با آن‌ها که بر سلامت افراد تأثیر می‌گذارد، وجود دارد. ارزیابی خطر شیمیایی باعث می‌شود تا تصمیمات مناسبی در مورد اقدامات کنترلی اتخاذ و از کارکنان در برابر اثرات نامطلوب مواد شیمیایی محافظت گردد. ارزیابی خطر سلامت به دو روش کیفی (با استفاده از ماتریس ارزیابی ریسک) یا کمی انجام می‌شود. از جمله روش‌های رایج در مبحث ارزیابی خطر مواجهه با مواد شیمیایی، می‌توان به روش ارزیابی ریسک نیمه کمی مواد شیمیایی دپارتمان بهداشت شغلی سنگاپور (Semi-quantitative risk assessment یا SQRA)، روش کمی ارایه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (United States-Environmental Protection Agency یا US-EPA)، روش (DOSH) Department of Occupational Safety and Health، روش (CHARM) Chemical Hazard Risk Management و روش (KOSHA) Korea Occupational Safety and Health Agency's اشاره نمود. به دلیل کمبود داده‌های اپیدمیولوژیک و طولانی بودن روش‌های کمی، برخی از مطالعات از روش‌های نیمه کمی مانند SQRA به منظور ارزیابی خطر مواجهه با مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌کنند. در این پژوهش مروری، به معرفی روش SQRA در ارزیابی ریسک نیمه کمی مواد شیمیایی موجود در محیط کار پرداخته شد.

واژه‌های کلیدی: سم‌شناسی؛ مدل ریاضی؛ فارماکوکینتیک؛ نرم‌افزار

ارجاع: کریمی زوردگانی سارا، اردودری زهرا. **معرفی و مروری بر ارزیابی خطر نیمه کمی مواد شیمیایی موجود در محیط کار به روش ارزیابی ریسک نیمه کمی مواد شیمیایی (SQRA).** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۲؛ ۱۹ (۴): ۲۶۴-۲۵۷

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۷/۱۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۹/۱۵

مقدمه

در حال حاضر چندین هزار ماده شیمیایی در سراسر جهان مصرف می‌گردد و افراد زیادی در مشاغل مختلف با مواد شیمیایی مختلفی مواجهه دارند. مواد شیمیایی فواید زیادی در جامعه دارند و زندگی ما کاملاً به آن‌ها وابسته است (۲، ۱). تماس با مواد شیمیایی می‌تواند منجر به اثرات بهداشتی بی‌شماری گردد (۴، ۳). بی‌توجهی به نکات ایمنی و استفاده بیش از حد از آن‌ها، خطرات مختلفی را برای انسان و محیط زیست به همراه خواهد داشت. انواع مختلفی از آلاینده‌های شیمیایی به صورت گاز، بخار، ذرات جامد معلق و مایع در محیط کار وجود دارد و هر یک از آن‌ها خطرات خاصی را به دنبال دارد. آسیب ناشی از مواد شیمیایی، بسته به نوع ماده شیمیایی، مسیر ورود، مدت زمان مواجهه و چگالی آن‌ها، متفاوت است. مواجهه بیش از حد در محل کار با این مواد، می‌تواند منجر به بروز مسمومیت‌ها و بیماری‌های مختلف شود (۵).

مواجهه با مواد شیمیایی در محیط کار نسبت به محیط‌های غیر کارگاهی بسیار بیشتر می‌باشد. برخی از این مواد شیمیایی خطرات بهداشتی بالقوه زیادی برای سلامتی دارند و مواجهه با آن‌ها می‌تواند باعث ایجاد اثرات مختلفی بر روی سلامتی کارگران گردد (۶). در ایمنی مواد شیمیایی، واژه خطر به عنوان خصوصیات خطرناک ذاتی یک ماده تعریف شده است و ریسک نیز به معنای احتمال آسیب و شدت ماده خطرناک تعریف می‌گردد (۷). نیاز روزافزونی جهت ارزیابی خطر مواد شیمیایی مؤثر بر سلامتی افراد احساس می‌گردد (۸). تصمیم‌گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر اثرات مضر مواد شیمیایی، نیازمند ارزیابی خطرات بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد است؛ چرا که بدون ارزیابی ریسک، زمان و منابع صرف مواردی با خطرات کمتر خواهد شد و موارد عمده و قابل توجه نادیده گرفته می‌شود. ارزیابی ریسک یکی از ارکان اصلی سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست می‌باشد و هدف از آن، شناسایی، ارزیابی و کنترل خطراتی است که سلامت و ایمنی کارکنان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶). ارزیابی ریسک شیمیایی موجب می‌گردد تصمیمات مناسبی در مورد اقدامات کنترلی اتخاذ و از کارکنان در برابر اثرات نامطلوب مواد شیمیایی محافظت گردد (۹). شورای تحقیقات ملی آمریکا (US-NRC یا United States National Research Council) ارزیابی ریسک را به

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشجوی دکتری تخصصی، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده مسؤول: زهرا اردودری؛ دانشجوی دکتری تخصصی، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: ordudari@hlth.mui.ac.ir

عنوان تعیین اثرات بالقوه بهداشتی نامطلوب مواجهه با خطرات محیطی تعریف می‌کند (۱۰). در آخرین ویرایش استاندارد سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی، به منظور ارزیابی ریسک به عنوان ابزاری جهت تعیین ریسک‌های ناشی از مخاطرات موجود در محیط کار، اقدامات کنترلی موجود در نظر گرفته شده است و بدین ترتیب، در مورد قابل قبول بودن یا نبودن ریسک تصمیم‌گیری خواهد شد (۱۱).

امروزه دیگر روش‌های سنتی ارزیابی آلاینده‌ها با توجه به نتایج پایش هوا و برآورد ریسک بسیار زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود. همچنین، ارزیابی ریسک آلاینده‌ها و اتخاذ تمهیدات کنترلی مناسب و دقیق جهت کاهش خطرات و هزینه‌ها قبل از راه‌اندازی فرایند، بسیار ضروری است (۶). برای حفاظت کارکنان در برابر عوارض سوء ناشی از مواد شیمیایی، لازم است ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد به طور اختصاصی ارزیابی گردد. بدون ارزیابی ریسک، زمان و منابع صرف خطرات کم‌اهمیت‌تر می‌شود و مخاطرات مهم مورد بی‌توجهی قرار خواهد گرفت (۶). ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک، از جمله فرایندهای مهم در مدیریت ریسک مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز به شمار می‌رود (۱۲). روش‌های متعددی برای ارزیابی ریسک‌ها در محیط کار اعم از کمی، کیفی و ترکیبی وجود دارد (۱۴، ۱۳). ارزیابی ریسک مواد سمی، ابزار مفیدی جهت شناسایی و اولویت‌بندی خطرات می‌باشد (۱۵).

روش‌های ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی، افراد را در شناسایی خطرات و تصمیم‌گیری در خصوص اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی یاری می‌رساند. در این بین، روش‌هایی که قادر به ارزیابی ریسک‌های بهداشتی ایجاد شده در مواجهه با مواد شیمیایی باشند، به ندرت مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از روش‌های موجود، روش نیمه کمی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی (SQRA یا Semi-quantitative risk assessment) می‌باشد. این روش ابزار مفیدی به منظور ارزیابی ریسک مواد شیمیایی محسوب می‌شود و می‌تواند کمک بسزایی در شناسایی آلاینده‌ها و تعیین سطح ریسک مواجهه آن‌ها نماید (۱۶، ۸).

روش‌های ارزیابی خطر سلامت به دو روش کیفی/ نیمه کمی (با استفاده از ماتریس ارزیابی ریسک) یا کمی انجام می‌شوند (۱۷).

از جمله روش‌های مهم و رایج در مبحث ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی می‌توان به روش‌های SQRA، روش کمی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (United States-Environmental Protection Agency یا USEPA) (۱۸)، Department of Occupational Safety and Health (DOSH) (۱۹)، Chemical Hazard Risk Management (CHARM) و Korea Occupational Safety and Health Agency's (KOSHA) (۲۰) (۲۱) اشاره نمود.

USEPA رویکرد سیستم اطلاعات ریسک یکپارچه را پیشنهاد می‌کند که می‌تواند منجر به پیش‌بینی کمی ریسک با استفاده از برآورد مواجهه شود (۲۲). به دلیل کمبود داده‌های اپیدمیولوژیک و طولانی بودن روش‌های کمی، برخی از مطالعات از روش‌های کیفی مانند روش اداره بهداشت حرفه‌ای سنگاپور برای ارزیابی خطر مواجهه با مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌کنند (۸). این روش، یک روش نیمه کمی را برای ارزیابی ریسک معرفی کرده است (۹) و در آن، خطرات سلامتی را ارزیابی و اولویت‌بندی می‌نماید و کنترل ریسک شیمیایی با کاهش میزان خطر (HR یا Hazard ratio) و میزان مواجهه (ER یا Exposure rate) (حذف یا جایگزینی مواد شیمیایی با یک ماده کم‌خطرتر) ترکیبات قابل دستیابی می‌باشد (۳).

با توجه به اهمیت روش‌های ارزیابی ریسک مواد شیمیایی در حفظ سلامت کارکنان، هدف از انجام پژوهش حاضر، مروری بر ارزیابی ریسک نیمه کمی مواد شیمیایی موجود در محیط کار به روش SQRA بود.

معرفی روش SQRA: این روش توسط دپارتمان بهداشت شغلی در وزارت نیروی انسانی مالزی به منظور ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با مواد شیمیایی ارایه شده است (۲۳) و یک روش نیمه کمی محسوب می‌گردد. سازمان غذا و کشاورزی در سال ۲۰۰۹ عنوان کرد که روش SQRA واسطه‌ای را بین سنجش متنی و عددی در ارزیابی کمی ریسک ایجاد می‌کند (۲۳).

متغیرهای به کار رفته در روش SQRA شامل برخی از اطلاعات ارایه شده توسط انجمن تحقیق بر روی سرطان سازمان جهانی بهداشت (International Agency for Research on Cancer یا IARC)، کنفرانس دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH یا American Conference of Governmental Industrial Hygienists) و برنامه ملی سم‌شناسی آمریکا (National Toxicology Program یا NTP) که مواد شیمیایی را از دیدگاه میزان خطرات سلامتی طبقه‌بندی می‌کنند، می‌باشد (۲۳).

میزان خطر بالقوه مواد شیمیایی را بر اساس دسته‌بندی صورت گرفته در این سازمان‌ها می‌توان تعیین کرد (۲۳). متغیرهایی که در زمینه تعیین شرایط مواجهه به کار می‌روند، شامل عواملی می‌شود که به ویژگی‌های ذاتی مواد همچون نسبت آستانه بویایی به حد تماس مجاز، اندازه مواد ذره‌ای و فشار بخار مواد شیمیایی و برخی از متغیرها مانند مقدار مصرف هفتگی، مدت زمان کار با ماده شیمیایی و کیفیت روش‌های کنترلی به شرایط استفاده از ماده شیمیایی وابسته است (۲۳). اجرای ارزیابی ریسک به روش SQRA شامل مراحل زیر است.

۱. تشکیل گروه کاری، ۲. تفکیک فرایند به وظایف موجود، ۳. شناسایی مواد شیمیایی موجود، ۴. تعیین سطح خطر بالقوه مواد یا HR (در این قسمت با توجه به شاخص‌های مواجهه از جمله فشار بخار برای گازها و مایعات و اندازه ذرات برای مواد جامد، نسبت آستانه بویایی به حد مجاز تماس، اقدامات کنترلی موجود، مقدار مصرف روزانه ماده شیمیایی و مدت زمان کار با ماده شیمیایی، شاخص مواجهه مشخص می‌گردد. ۵. تعیین ER، ۶. تعیین میزان ریسک، ۷. تفسیر ریسک محاسبه شده و ۸. اقدامات کنترلی پیشنهادی (۲۳).

در روش SQRA ابتدا درجات مواجهه و خطر محاسبه و سپس سطح و رتبه ریسک و ضرورت انجام اقدامات اصلاحی مشخص می‌گردد (۲۴). دو شاخص حایز اهمیت HR و ER وجود دارد. HR را می‌توان با استفاده از اطلاعات مربوط به مقادیر سمیت حاد مواد، مقادیر LD50 و LC50 و یا از طریق اثرات سمی مواد شیمیایی به دست آورد (۷). رتبه‌بندی خطر با توجه به سمیت حاد مواد در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است.

شاخص دوم، ER می‌باشد که به دو روش به دست می‌آید (۲۴، ۷).

۱- بر اساس سطح مواجهه واقعی: زمانی که نتایج پایش هوا موجود باشد، متوسط وزنی هفتگی مواجهه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد که در آن E مواجهه هفتگی (ppm یا میلی‌گرم بر مترمکعب)، F فرکانس مواجهه در هفته (تعداد در هفته)، M میزان مواجهه (ppm یا میلی‌گرم بر مترمکعب)، W متوسط ساعات کار هفتگی (۴۰ ساعت) و D متوسط مدت هر مواجهه (ساعت) می‌باشد.

$$E = \frac{F \times D \times M}{W}$$ رابطه ۱

جدول ۱. رتبه‌بندی خطر با توجه به سمیت حاد مواد

رتبه خطر	LD50 جذب شده خوراکی در رت (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن)	LD50 جذب پوستی در رت یا خرگوش (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن)	LD50 جذب استنشاقی در رت (میلی‌گرم بر لیتر گاز و بخار در هر ۴ ساعت)	LD50 جذب استنشاقی در رت (میلی‌گرم بر لیتر ذرات و آئروسل‌ها در هر ۴ ساعت)
۲	> ۲۰۰۰	> ۲۰۰۰	> ۲۰	> ۵
۳	> ۲۰۰ تا ≤ ۲۰۰۰	> ۴۰۰ تا ≤ ۲۰۰۰	> ۲ تا ≤ ۲۰	> ۱ تا ≤ ۵
٤	> ۲۵ تا ≤ ۲۰۰	> ۵۰ تا ≤ ۴۰۰	> ۰/۵ تا ≤ ۲	> ۰/۲۵ تا ≤ ۱
۵	≤ ۲۵	≤ ۵۰	≤ ۰/۵	≤ ۰/۲۵

در کاربرد این رابطه فرض شده است زمانی که وظیفه مورد نظر انجام نمی‌شود، هیچ مواجهه‌ای صورت نمی‌گیرد.

میزان E به دست آمده با سطح مجاز مواجهه (PEL یا Permissible exposure level) (بلند مدت) مقایسه می‌شود و رتبه مواجهه با استفاده از جدول ۳ به دست می‌آید.

زمانی که مواجهه با دو یا چند ماده شیمیایی با اثرات مشابه صورت می‌گیرد، مواجهه ترکیبی ($E_{combined}$) لحاظ می‌گردد (رابطه ۲) که در آن E مواجهه و PEL سطح مجاز مواجهه می‌باشد.

$$E_{combined} = \frac{E_1}{PEL_1} + \frac{E_2}{PEL_2} + \cdots \ldots + \frac{E_n}{PEL_n}$$ رابطه ۲

جدول ۲. رتبه‌بندی خطر بر اساس اثرات مضر مواد شیمیایی

رتبه‌بندی خطر	توصیف اثرات/ طبقه‌بندی خطر	مثال مواد شیمیایی
۱	اثرات مضر سلامتی شناخته نشده سرطان‌زایی طبق ACGIH در گروه A5 به عنوان مواد خطرناک یا سمی طبقه بندی نشده است.	کلرید سدیم، بوتان، بوتیل استات، کربنات کلسیم
۲	اثرات برگشت‌پذیر بر پوست، چشم یا غشای موکوسی دارد، برای ایجاد اثرات سلامتی جدی به اندازه کافی قوی نیست. سرطان‌زایی طبق ACGIH در گروه A4 محرک و حساسیت‌زای پوستی است.	استن، بوتان، اسید استیک (با غلظت ۱۰ درصد)، نمک‌های باریم، غبار آلومینیوم
۳	احتمال سرطان‌زایی یا موتاژن بودن برای انسان و حیوان وجود دارد، اما اطلاعات کافی وجود ندارد. سرطان‌زایی طبق ACGIH در گروه A3 سرطان‌زایی طبق ACGIH در گروه B2 خورنده (۱۱-۹ یا ۵-۳ = pH)، حساسیت‌زای سیستم تنفسی، در گروه مواد شیمیایی مضر قرار دارد.	تولوئن، گزیلن، آمونیاک، بوتانل، استالدئید، استیک انیدرید، انیلین، آنتی‌موان
٤	بر اساس مطالعات حیوانی انجام شده احتمالاً سرطان‌زایی انسانی- موتاژن و تراتوژن است. بر اساس ACGIH در گروه A2 قرار دارد. بر اساس NTP در گروه B قرار دارد. بر اساس IARC در گروه A2 قرار دارد. بسیار خورنده است (یا صفر تا ۲ = pH) ماده شیمیایی سمی است.	فرمالدئید، کامیوم متیلن کلراید، اتیلن اکساید اکریلونیتریل، ۱، ۳ بوتادین
۵	سرطان‌زای انسانی ساخته شده، موتاژن و تراتوژن بر اساس IARC در گروه A1 قرار دارد. بر اساس NTP در گروه A قرار دارد. بر اساس IARC در گروه 1 قرار دارد. ماده شیمیایی بسیار سمی است.	بنزن، بنزیدین، سرب آرسنیک، بریلیوم، برومین وینیل کلراید، جیوه سیلیس کریستالی

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; NTP: National Toxicology Program; IARC: International Agency for Research on Cancer

جدول ۳. تعیین رتبه مواجهه در روش Semi-quantitative risk assessment (SQRA)

رتبه مواجهه	E/PEL
۱	< ۰/۱
۲	۰/۱ تا < ۰/۵
۳	۰/۵ تا < ۱
٤	۱ تا < ۱
٥	≥ ۲

PEL: Permissible exposure level

برای مواجهه‌های بیشتر از ۴۰ ساعت در هفته، میزان PEL (بلندمدت) کاهش می‌یابد. در این حالت باید میزان Reduction Factor (RF) (ضریب کاهش هفتگی به دست آمده از رابطه ۳) در مقدار PEL (بلند مدت) ضرب گردد. در رابطه مذکور، hr ساعات کار هفتگی می‌باشد.

$$RF = \frac{40}{hr} \times \frac{(168-hr)}{128}$$ رابطه ۳

برای مواجهه‌های کوتاه مدت (۱۵ دقیقه در طول روز)، میزان مواجهه باید با PEL [کوتاه مدت یا (Short time exposure level یا STEL)] مقایسه شود.

۲- با استفاده از شاخص مواجهه (Exposure index یا EI): زمانی که نتایج پایش هوا موجود نباشد، درجه مواجهه را می‌توان با استفاده از EI و با رابطه ۴ به دست آورد که در آن، n تعداد فاکتورهای مورد استفاده می‌باشد.

$$EI = [EI_1 \times EI_2 \times \dots \dots \times EI_n]^{1/n}$$ رابطه ۴

EI با توجه به فاکتورهای مواجهه که در جدول ۴ آمده است، تعیین می‌گردد.

شاخص‌های مواجهه در پنج حالت از ۱ تا ۵ تعریف شده‌اند که عبارت از ۱: به معنی خیلی کم، ۵: به معنی خیلی شدید و ۳: حالت متوسط است (۷).

در این پژوهش مروری روایتی (Narrative review)، از موتورهای جستجوی PubMed، Scopus، Google Scholar، ScienceDirect و ISI استفاده شد. مواد خطرناکی که در محیط کار وجود داشت و در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ با روش SQRA ارزیابی گردید، مورد بررسی قرار گرفت. کلید واژهای مورد استفاده فارسی شامل «SQRA، ارزیابی ریسک، مواد خطرناک، محیط کار» و انگلیسی شامل «Health، Risk assessment، Toxicological risk assessment و Occupational Exposure» بود. در نهایت، ۷۸ مقاله استخراج گردید و جدیدترین و مرتبط‌ترین مطالعات انجام شده در این زمینه انتخاب شد که در ادامه مورد بررسی قرار گرفت.

مروری بر روش SQRA در ارزیابی ریسک مواد خطر ناک موجود در محیط کار

موسوی و همکاران در یک تحقیق توصیفی- تحلیلی به ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه شغلی کارگران محوطه واحد پساب صنعتی در یک پالایشگاه نفت با آلاینده‌های شیمیایی پرداختند. در پژوهش آنان، وضعیت مواجهه با ۱۴ ماده شیمیایی که گروه کارگران با آن‌ها بیشترین میزان مواجهه را داشتند، جهت ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی انتخاب شد. پس از شناسایی آلاینده‌های متصاعد شده، ضریب مخاطره و ضریب مواجهه مشخص گردید. سپس ضریب ریسک به دست آمد. در نهایت، با توجه به رتبه ریسک به دست آمده برای هر ترکیب و اولویت مشخص شده، اقدامات کنترلی لازم برای کاهش سطوح ریسک ارایه شد. بدین ترتیب، آلاینده‌های شیمیایی بنزن، سولفید هیدروژن، نیتروبنزن، آنیلین، آکرولئین، اتیلن اکساید و پراکسید هیدروژن دارای بالاترین رتبه ریسک کمی یعنی خیلی زیاد را دارا بودند (۲۵).

جدول ۴. تعیین Exposure index (EI) با توجه به فاکتورهای مواجهه در روش Semi-quantitative risk assessment (SQRA)

فاکتور مواجهه	EI				
	۱	۲	۳	۴	۵
فشار بخار (یا) اندازه ذره (قطر آئرودینامیک)	۰/۱ > میلی‌متر جیوه ذرات درشت و مواد مرطوب	۰/۱-۱ میلی‌متر جیوه ذرات درشت و مواد خشک	کمتر از ۱ تا ۱۰ میلی‌متر جیوه ذرات خشک و ریز کوچک (بیشتر از ۱۰۰ میکرومتر)	کمتر از ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر جیوه ذرات خشک و ریز (۱۰۰-۱۰ میکرومتر)	بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر جیوه پودرهای ریز و خشک (کمتر از ۱۰ میکرومتر)
OTPEL/	< ۰/۱	۰/۱-۰/۵	> ۰/۵-۱	> ۱-۲	≥ ۲
اقدامات کنترل خطر	کنترل کافی با نگهداری منظم	کنترل کافی با نگهداری نامنظم	کنترل کافی بدون نگهداری، گرد و غبار متوسط	کنترل نامناسب، به صورت گرد و غبار	بدون کنترل، گرد و غبار بسیار
میزان مصرف در هفته	مقدار مصرف تقریباً ناچیز است (کمتر از ۱ کیلوگرم یا میکروتن)	مقدار مصرف کم (۱۰ کیلوگرم یا ۱ میکروتن)	مقدار استفاده متوسط: کارگران در خصوص حمل و نقل دستی مواد شیمیایی آموزش دیده‌اند (کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم یا ۱۰ میکروتن)	مقدار مصرف زیاد: کارگران در خصوص حمل و نقل دستی مواد شیمیایی آموزش دیده‌اند (۱۰۰ لیتر یا ۱۰۰۰ کیلوگرم)	مقدار مصرف زیاد: کارگران در خصوص حمل و نقل دستی مواد شیمیایی آموزش ندیده‌اند (بیشتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم یا لیتر)
مدت کار هفتگی (ساعت)	۲۸	۸-۱۶	۱۶-۲۴	۲۴-۳۲	۳۲-۴۰

PEL/OT: Permissible exposure level/Odor Threshold; EI: Exposure index

سنجری و همکاران به ارزیابی ریسک بهداشتی نیمه کمی مواجهه با مواد شیمیایی در کارخانه نورد آلومینیوم پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میزان خطر مواجهه با اسید سولفوریک در خط شستشو و منگنز در واحد تولید بالا بود. در ارزیابی خطر ابتلا به سرطان ناشی از مواجهه با بنزن، خطر سرطان در طول زندگی در محدوده ۱۰-۴ تا ۱۰-۶ به دست آمد که می‌تواند در محدوده احتمالی ارزیابی شود. نتایج نشان داد که در صنعت نورد آلومینیوم، مواجهه شغلی ۷۵ درصد مواد شیمیایی در سطح پایین، ۱۵ درصد متوسط و ۱۰ درصد سطح خطر بالایی دارد (۲۶).

نتایج مطالعه لعل و همکاران که با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی مضر در کارخانه تولید سموم دفع آفات توسط انجام شد، نشان داد که بالاترین میزان خطر در کلیه واحدها مربوط به بنزن و کمترین میزان خطر مربوط به NO و H_2S بود. در واحد پودر، ضریب مواجهه و ضریب ریسک برای NO_2 بیشتر از سایر آلاینده‌ها گزارش گردید. علاوه بر این، ضریب ریسک بنزن در واحدهای مختلف بیشتر از سایر آلاینده‌ها و به طور کلی، میزان ضریب ریسک تمام آلاینده‌ها بسیار کم و کم بود (۲۷). با استفاده از اطلاعات مربوط به خطرات عوامل شیمیایی و نتایج ارزیابی خطرات بهداشتی مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی، مشاغل مختلف را می‌توان از نظر میزان مواجهه با ریسک فاکتورهای شیمیایی رتبه‌بندی کرد و از این رتبه‌بندی می‌توان به منظور تعیین مجدد تخصیص منابع برای اقدامات کنترلی و کاهش میزان مواجهه تا سطح قابل قبول استفاده کرد.

جهانگیری و همکاران تحقیق موردی- مقطعی را با هدف ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با مواد شیمیایی به منظور ارایه راهکارهای کنترلی در یک صنعت فوم پلی‌اورتان انجام دادند و دریافتند که بیشترین میزان رتبه ریسک را تولوئن دی‌ایزوسیانات به خود اختصاص داد که در شغل اپراتوری کاتر مقدار آن بیشتر از بقیه بود. همچنین، کمترین رتبه ریسک مربوط به استات قلع در مشاغل مورد بررسی به دست آمد (۴).

ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی با تأکید بر ریسک ابتلا به سرطان خون در یک صنعت پتروشیمی توسط گل‌بابایی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. بنزن با کسب ضریب ریسک ۴/۵، به عنوان ماده مخاطره‌آمیز محسوب گردید (۲۴).

نتایج پژوهش موردی جهانگیری و متوقع که با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با عوامل زیان‌آور شیمیایی در یک صنعت پتروشیمی و در واحد مخازن یکی از شرکت‌های پتروشیمی و در مشاغل بهره‌برداری مخازن و یوتیلیتی تعمیرات بازرسی فنی انجام شد، حاکی از آن بود که بهره‌برداران مخازن و یوتیلیتی در مقایسه با دیگر مشاغل مدت زمان بیشتری در سایت حضور پیدا می‌کردند و رتبه ریسک مواجهه با ماده اپی‌کلروهیدرین در دو شغل بهره‌بردار مخازن و یوتیلیتی و تعمیرات بیشترین میزان را به خود اختصاص داد (۱۷).

جلالی و همکاران در مطالعه خود به ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با مواد فرار موجود در بنزین در کارکنان شاغل در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین شهر مشهد به منظور ارایه راهکارهای کنترلی پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که کارکنان شاغل در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی در مواجهه با ترکیبات فرار موجود در بنزین قرار دارند و بیشترین ریسک بهداشتی مربوط به بنزن و شغل پمپچی و سپس تخلیه‌چی بود (۶).

در تحقیق صادقی و همکاران، ارزیابی ریسک سرطان‌زایی مواجهه تنفسی با ۱،۳- بوتادین در یک صنعت پتروشیمی بررسی و مشخص گردید که میانگین مواجهه تنفسی با ماده مذکور پایین‌تر از حد مجاز مواجهه تنفسی می‌باشد. همچنین، ۹۱/۲ درصد افراد در محدوده ریسک سرطان‌زایی احتمالی و ۸/۸ درصد از افراد هم در محدوده ریسک قطعی قرار داشتند (۱۸).

کریمی و همکاران در پژوهشی به بررسی ریسک مواد سمی موجود در آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی پرداختند. طبق نتایج، ارزیابی ریسک مایعات سمی نشان داد که بیشترین سطح ریسک مواد سمی در سطح متوسط بود و در جامدات سمی بیشترین فراوانی ریسک مربوط به سطح ریسک کم بود (۷).

مهری‌فر و همکاران در یک مطالعه موردی به بررسی ارزیابی ریسک مواجهه جوشکاران با گازها و فیوم‌های فلزی در صنعت کشتی‌سازی پرداختند و دریافتند که بیشترین و کمترین غلظت مواجهه با گازها به ترتیب در فرایندهای جوشکاری قوس فلزی با حفاظت گاز خنثی و جوشکاری قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار می‌باشد. همچنین، بیشترین و کمترین غلظت مواجهه با فلزات به ترتیب در فرایندهای جوشکاری قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار و جوشکاری قوس فلزی با حفاظت گاز خنثی می‌باشد. یافته‌های آنالیز ریسک نیز نشان داد که در بین آلاینده‌های گازی، ازن و نیتروژن دی‌اکسید در کل فرایندهای جوشکاری دارای سطح ریسک خیلی زیاد و در بین آلاینده‌های فلزی، فلز منگنز در جوشکاری قوس فلزی با حفاظت گاز خنثی و جوشکاری قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار دارای سطح ریسک زیاد و خیلی زیاد بودند (۲۸).

مشیران و همکاران در تحقیق خود به ارزیابی ریسک بهداشتی استایرن در صنعت پتروشیمی پرداختند. بر اساس نتایج، بیشترین و کمترین میانگین مواجهه به ترتیب به بخارات استایرن مربوط به کارکنان واحد لاتکس پلی‌بوتادین و واحد خشک‌کن اختصاص داشت. میزان ریسک برای همه کارکنان در سطح پایین بود. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین واحدها در مواجهه با استایرن و ایجاد خطر بهداشتی توسط استایرن وجود داشت. بنابراین، با توجه به خطر بالای اثرات سلامتی استایرن، اقدامات کنترلی مناسب جهت کاهش سطح مواجهه مورد نیاز است (۲۹).

یاری و همکاران در یک پژوهش مقطعی، به ارزیابی خطرات بهداشتی مواجهه با عوامل شیمیایی مضر سرطان‌زا در صنعت تولید دستکش لاتکس از جمله اسید نیتریک، اسید کرومیک، اسید هیدروکلریک، آمونیاک، هیدروکسید پتاسیم و کلر پرداختند. در مطالعه آنان، از شاخص LD50، سرطان‌زایی به منظور محاسبه میزان خطر استفاده شد و بزرگ‌ترین شاخص به عنوان مبنای ریسک قرار گرفت. به طور کلی، میانگین سطح خطر ۴ و متوسط نرخ مواجهه ۳/۵ برآورد شد. خطرات سلامتی شناسایی شده در تحقیق یاری و همکاران نشان داد که صنعت تولید دستکش‌های لاتکس به دلیل مواد سرطان‌زا، اسیدها و قلیایی‌های قوی و داروهای خطرناک، خطر بالایی دارد. همچنین با توجه به میانگین سطح تأثیر ریسک، بهتر است استراتژی طراحی ایمنی صنعت تولید دستکش لاتکس در دستور کار قرار گیرد (۹).

در پژوهش حنیفی و همکاران، ارزیابی خطر بهداشتی مواجهه با عوامل شیمیایی مضر در یک پالایشگاه با ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات بهداشتی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که از ۱۴ مورد شناسایی شده، مواجهه با دی‌گلیکول دیامین دارای سطح خطر ۴/۴۷ (بسیار زیاد)، سولفید هیدروژن دارای سطح خطر ۳/۸۷ (بالا) و کاتالیزورهای پایه مولیبدن و نیکل دارای خطر سلامتی ۳/۸۷ بود (بالا) که همگی در محدوده‌ای از ریسک غیر قابل قبول قرار داشتند. در مطالعه آنان، مواجهه با کاتالیزورهای دی‌گلیکول دیامین، سولفید هیدروژن و

کاتالیزورهای مبتنی بر مولیبدن و نیکل در محدوده خطر غیر قابل قبولی بود (۳۰).

مهری‌فر و همکاران در تحقیق خود که با هدف تعیین غلظت مواجهه و ارزیابی ریسک جوشکارها به فیوم فلزی و گازها در سه نوع جوشکاری متداول (قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار، قوس فلزی و قوس تنگستن) در یک شرکت فولادسازی انجام شد، به این نتیجه رسیدند که بیشترین و کمترین غلظت مواجهه با گازها به ترتیب در جوشکاری قوس فلزی و قوس تنگستن مشاهده شد. همچنین، بیشترین و کمترین غلظت مواجهه با فلزات به ترتیب در فرایندهای قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار و قوس تنگستن بود. ارزیابی ریسک نشان داد که ازن، نیتروژن دی‌اکسید و کروم در تمامی فرایندهای جوشکاری، سطوح ریسک بالا و بسیار بالایی داشتند. همچنین، جوشکارهای قوس فلزی و قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار در مواجهه بالایی با فلزات و گازهای سمی در جوشکاری می‌باشند (۳۱).

محمدیان و همکاران در پژوهش خود که با هدف ارزیابی اثرات بهداشتی قرار گرفتن در معرض استایرن بر کارگران صنعت الکترونیک انجام شد، از روش Specific Operations Risk Assessment (SORA) استفاده کردند و دریافتند که همه کارگران در معرض خطر قطعی سرطان‌زایی استایرن هستند (۳۲).

نتیجه‌گیری

به منظور ارزیابی ریسک مواد شیمیایی روش‌های مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به دو روش مهم و رایج SQRA و USEPA اشاره نمود (۱۸). به دلیل کمبود داده‌های اپیدمیولوژیک و طولانی بودن روش‌های کمی، روش SQRA جهت ارزیابی ریسک مواد شیمیایی استفاده می‌شود (۸). برای ارزیابی ریسک با این روش، به اطلاعات زیادی نیاز نیست و دانستن غلظت و میزان مواجهه کفایت می‌کند. این روش یک روش نیمه کمی برای ارزیابی ریسک می‌باشد (۹) که خطرات سلامتی را ارزیابی و اولویت‌بندی می‌کند. در این روش، کنترل ریسک شیمیایی با کاهش HR و ER و حذف یا جایگزینی مواد شیمیایی با یک ماده کم‌خطرتر ترکیبات، قابل دستیابی است (۳). لازم به ذکر است که از این روش در مطالعات متعدد به منظور ارزیابی ریسک مواد شیمیایی مانند بنزن، سولفید هیدروژن، نیتروبنزن، آنیلین، آکرولئین، اتیلن اکساید، پراکسید هیدروژن (۲۵)، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن، NO_2، NO، CO، H_2S (۲۷)، تولوئن دی‌ایزوسیانات (۴)، اپی‌کلروهیدرین (۱۷)، ۱،۳- بوتادین (۱۸)، منگنز، کروم، کربن مونوکسید، ازن و نیتروژن دی‌اکسید (۲۸)، استایرن (۳۲، ۲۹)، اسید نیتریک، اسید کرومیک، اسید هیدروکلریک، آمونیاک، هیدروکسید پتاسیم و کلر (۹) در صنایعی مانند صنایع نورد آلومینیوم (۲۶)، پساب صنعتی در یک پالایشگاه نفت (۲۵)، کارخانه تولید سموم دفع آفات (۲۷)، صنعت تولید دستکش لاتکس (۹)، پالایشگاه (۳۰)، شرکت فولادسازی (۳۱)، صنعت الکترونیک (۳۲)، صنعت کشتی‌سازی (۲۸)، آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی (۷)، جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین (۶)، صنعت پتروشیمی (۲۹، ۲۴، ۱۸، ۱۷) و صنعت فوم پلی‌اورتان (۴) استفاده شده است.

تشکر و قدردانی

-

References

1. Niskanen T. Safe use of chemicals and risk prevention in the finnish chemical industry's work places. In: Väyrynen S, Häkkinen K, Toivo Niskanen T, editors. Integrated occupational safety and health management: Solutions and industrial cases. New York, NY: Springer; 2015. p. 157-184.
2. Lofstedt R. The substitution principle in chemical regulation: a constructive critique. J Risk Res 2014; 17(5): 543-64.
3. Moosavifard SA, Ardestani M, Zarei F, Asgarianzadeh M. Semi-quantitative risk assessment of TDI and MDI in car paint shops in Alborz Province, Iran. J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 25(132): 82-90. [In Persian].
4. Jahangiri M, Jalali M, Saeidi CH, Mohammadpour H, Mardi H, Mehr Alipour J. Health risk assessment of harmful chemicals in order to provide control guidelines: case study in a polyurethane foam industry. Occup Med 2013; 5(4): 33-41. [In Persian].
5. Roberts SM, James RC, Williams PL. Principles of toxicology: Environmental and industrial applications. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2015.
6. Jalali M, Jalali S, Motlagh M, Negahban R, Faraji V, Jahangiri M. Health risk assessment of occupational exposure to BTEX compounds in petrol refueling stations in the Mashhad city. J Neyshabor Univ Med Sci 2014; 1(1): 15-25. [In Persian].
7. Karimi Zeverdegani S, Barakat S, Yazdi M. Validation CHEM-SAM model using SQRA method in exposure to toxic substances in a chemistry research lab. J Mil Med 2017; 19(3): 291-8. [In Persian].
8. Beheshti MH, Firoozi Chahak A, Alinaghi Langari AA, Rostami S. Semi-quantitative risk assessment of health exposure to hazardous chemical agents in a petrochemical plant. J Occup Health Epidemiol 2015; 4(1): 1-8. [In Persian].
9. Yari S, Fallah AA, Varmazyar S. Assessment of semi-quantitative health risks of exposure to harmful chemical agents in the context of carcinogenesis in the latex glove manufacturing industry. Asian Pac J Cancer Prev 2016; 17(S3): 205-11.
10. Omidi F, Fallahzadeh RA, Dehghani F, Harati B, Barati Chamgordani S, Gharibi V. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) using Monte-Carlo simulation

technique in a steel industry. J Health Saf Work 2018; 8(3): 299-308. [In Persian].
11. Rahimnejad s, Bahrami A, Ghorbani Shanh F, Rahimpoor R. Comparation of health risk assessment carcinogenic hydrocarbons in Workplace air in an oil-dependent industry by the Environmental Protection Agency (EPA) and the Department of Human Resources Malaysia. Iran Occup Health 2017; 14(5): 107-17. [In Persian].
12. Farshad A, Oliaei HK, Mirkazemi R, Bakand S. Risk assessment of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (btex) in paint plants of two automotive industries in iran by using the coshh guideline. Eur Sci J 2013; 3: 270-6.
13. Melko A, Ievins J, Roja Z. Methods of the environmental risk analysis and assessment, the modified method of the risk index. Safety of Technogenic Environment 2012; 2: 50-6.
14. Nielsen E, Ostergaard G, Larsen JC. Toxicological risk assessment of chemicals: A practical guide. Boca Raton, FL: CRC Press; 2008.
15. Ding Q. Regulatory tools for managing chemicals risk at the workplace [PhD Thesis]. Stockholm, Sweden: KTH Royal Institute of Technology; 2013.
16. Golbabaei F, Hassani H, Ghahri A, Mirghani S, Arefian S, Khadem M, et al. Risk assessment of exposure to gases released by welding processes in Iranian Natural Gas Transmission Pipelines Industry. Int J Occup Hyg 2015; 4(1): 6-9.
17. Jahangiri M, Motovagheh M. Health risk assessment of harmful chemicals: Case study in a petrochemical industry. Iran Occup Health 2011; 7(4): 18-24. [In Persian].
18. Sadeghi Yarandi M, Golbabaei F, Karimi A, Sajedian AA, Ahmadi V. Comparative assessment of carcinogenic risk of respiratory exposure to 1,3-Butadiene in a petrochemical industry by the US Environmental Protection Agency (USEPA) and Singapore Health Department methods. J Health Saf Work 2020; 10(3): 237-50. [In Persian].
19. Gharibi V, Barkhordari A, Jahangiri M, Eyvazlou M , Dehghani F. Semi-quantitative risk assessment of occupational exposure to hazardous chemicals in health center laboratories (Case Study). Shiraz E-Med J 2019; 20(10): e86764.
20. Kim MU, Shin S, Byeon SH. Comparison of chemical risk assessment methods in South Korea and the United Kingdom. J Occup Health 2015; 57(4): 339-45.
21. Moon HI, Han SW, Shin S, Byeon SH. Comparison of the qualitative and the quantitative risk assessment of hazardous substances requiring management under the occupational safety and health act in South Korea. Int J Environ Res Public Health 2021; 18(3).
22. Mandrioli D, Kearns CE, Bero LA. Relationship between research outcomes and risk of bias, study sponsorship, and author financial conflicts of interest in reviews of the effects of artificially sweetened beverages on weight outcomes: A systematic review of reviews. PLoS One 2016; 11(9): e0162198.
23. Karimi A, Jamshidi Slukloei HR, 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. [In Persian].
24. Golbabaie F, Eskandari D, Rezazade Azari M, Jahangiri M, Rahimi M, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. Iran Occup Health 2012; 9(3): 11-21. [In Persian].
25. Mousavi S, Yazdanirad S, Hajizadeh R. Semi-quantitative risk assessment of occupational exposure area industrial wastewater Treatment unit in an oil refinery and chemical contaminants. Iran Occup Health 2019; 15(6): 8-15. [In Persian].
26. Sanjari A, Saeedi R, Khaloo SS. Semi-quantitative health risk assessment of exposure to chemicals in an aluminum rolling mill. Int J Occup Saf Ergon 2021; 27(2): 597-604.
27. Laal F, Hormozi M, Fallah Madvari R, Noorizadeh N, Firouzi Chahak A. Health risk assessment of occupational exposure to harmful chemical agents in a pesticide manufacturing plant. J Occup Health Epidemiol 2017; 6(3): 171-7.
28. Mehrifar Y, Mohebian Z, Bidel H. Exploring the risk of welders' exposure to the gases and metal fumes in a shipbuilding industry: A case study. J Health Saf Work 2020; 10(2): 129-37. [In Persian].
29. Moshiran VA, Karimi A, Golbabaei F, Yarandi MS, Sajedian AA, Koozekonan AG. Quantitative and semiquantitative health risk assessment of occupational exposure to styrene in a petrochemical industry. Saf Health Work 2021; 12(3): 396-402.
30. Hanifi SM, Laal F, Panjali Z, Khoubi J. Health risk assessment of exposure to harmful chemical agents in a refinery. Archives of Occupational Health 2019; 3(1): 299-306.
31. Mehrifar Y, Zeverdegani SK, Rismanchian M. Chemical pollutants in the respiratory zone of welders: Determination of concentrations and hazard analysis. Work 2020; 67(3): 591-8.
32. Mohamadyan M, Moosazadeh M, Borji A, Khanjani N, Moghadam SR. Occupational exposure to styrene and its relation with urine mandelic acid, in plastic injection workers. Environ Monit Assess 2019; 191(2): 62.