Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 5, Issue 3, Autumn 2018, Pages: 53-62

Original Article

doi: 10.21859/johe.5.3.53

Development of Comprehensive Occupational Health Risk Assessment (COHRA) Method: A Case Study in a Petrochemical Industry

Mehdi Jahangiri[1], Siamak Abaspour[2], Milad Derakhshan Jazari[3], Tahmine Bahadori[4], Mahdi Malakoutikhah[5,*]

[1] *Associate Professor, Department of Occupational Health, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran*
[2] *Expert in Arya Sasol Petrochemical Compony, HSE Department, Asaluyeh, Iran*
[3] *PhD Student in Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran*
[4] *Expert in Amir Kabir Petrochemical Compony, HSE Department, Iran*
[5] *PhD Student, Department of Occupational Health, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Mahdi Malakoutikhah, Department of Occupational Health, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran. Email: malakoutimahdi@sums.ac.ir*

Received: 02/10/2018
Accepted: 16/12/2018

How to Cite this Article:
Jahangiri M, Abaspour S, Derakhshan Jazari M, Bahadori T, Malakoutikhah M. Development of Comprehensive Occupational Health Risk Assessment (COHRA) Method: A Case Study in a Petrochemical Industry. *J Occup Hyg Eng*. 2018; 5(3): 53-62. DOI: 10.21859/johe.5.3.53

Abstract

Background and Objective: In order to take control measures to protect the health of employees against occupational hazardous agents, it is essential to assess the occupational health risks. The purpose of this study was to develop a method for occupational health risk assessment in petrochemical industry.

Materials and Methods: This cross-sectional study was carried out among operational and administrative occupational groups in one of the petrochemicals plants in the south of Iran. The "comprehensive occupational health risk assessment" method was used to assess the risks of occupational hazards. For this purpose, the exposure rate (ER) and hazard rate (HR) for all hazards were determined based on the results of exposure measurements and health hazards data, respectively. Finally, the risk of occupational health hazards was evaluated and calculated by multiplying the ER by HR.

Results: The level of risk in 13.6% of the investigated occupational groups was evaluated as high. Among occupational health hazards, the risk of exposure to noise and inappropriate lighting, benzene and ergonomic factors were assessed at a high and moderate level, respectively. The risk of all occupational health hazards, except for ergonomic factors, were higher among operational jobs compared to administrative occupations.

Conclusion: Comprehensive occupational health risk assessment could be used for prioritizing the occupational health hazards and making desicion about resource allocation and required control measures.

Keywords: Health Risk Assessment; Occupational Hazards; Petrochemical Industry; Workers

Copyright © 2018 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.21859/johe.5.3.53

ارائه روش ارزیابی ریسک جامع مخاطرات بهداشت حرفه‌ای (COHRA): مطالعه موردی در یک صنعت پتروشیمی

مهدی جهانگیری[۱]، سیامک عباس‌پور[۲]، میلاد درخشان جزری[۳]، تهمینه بهادری[۴]، مهدی ملکوتی خواه[۵،*]

[۱] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

[۲] کارشناس شرکت پتروشیمی آریاساسول، واحد HSE، عسلویه، ایران

[۳] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

[۴] کارشناس شرکت پتروشیمی امیرکبیر، واحد HSE

[۵] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

* **نویسنده مسئول:** مهدی ملکوتی خواه، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران. ایمیل: malakoutimahdi@sums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: به‌منظور انجام اقدامات کنترلی برای حفاظت از سلامت کارکنان در برابر عوامل زیان‌آور شغلی، ارزیابی ریسک‌های بهداشت حرفه‌ای ضروری می‌باشد. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف ارائه یک روش جامع برای ارزیابی ریسک جامع مخاطرات بهداشت حرفه‌ای در یک صنعت پتروشیمی انجام شد.

مواد و روش‌ها: مطالعه توصیفی- تحلیلی حاضر در ارتباط با مشاغل عملیاتی و اداری در یکی از پتروشیمی‌های جنوب کشور انجام شد. برای ارزیابی ریسک خطرات بهداشت شغلی از روش "ارزیابی ریسک جامع مخاطرات بهداشت حرفه‌ای (COHRA: Comprehensive Occupational Health Risk Assessment)" استفاده گردید. برای این منظور، درجه مواجهه (ER: Exposure Rating) و درجه خطر (HR: Hazard Rate) هرکدام از خطرات به‌ترتیب براساس نتایج اندازه‌گیری مواجهه و خطرات بهداشتی تعیین گردید. در نهایت، ریسک خطرات بهداشت حرفه‌ای از ضرب درجه خطر در درجه مواجهه محاسبه شد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: سطح ریسک مخاطرات بهداشت حرفه‌ای در ۱۳/۶ درصد از مشاغل مورد بررسی در سطح بالا ارزیابی شد. همچنین در بین مخاطرات بهداشت حرفه‌ای، ریسک صدا و روشنایی در سطح بالا و ریسک مواجهه با بنزن و عوامل ارگونومیک در سطح متوسط ارزیابی شدند. شایان ذکر است که ریسک مخاطرات بهداشت حرفه‌ای به غیر از عوامل ارگونومیک در مشاغل عملیاتی بیشتر از مشاغل اداری بود.

نتیجه‌گیری: با استفاده از روش ارزیابی ریسک جامع خطرات بهداشت حرفه‌ای می‌توان عوامل زیان‌آور محیط کار را از نظر درجه ریسک اولویت‌بندی کرد و از نتایج آن در اختصاص منابع و انجام اقدامات کنترلی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک بهداشتی؛ صنعت پتروشیمی؛ مخاطرات شغلی

مقدمه

ارزیابی ریسک یکی از مراحل پایه و اصلی در تمامی سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای است که با هدف شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی مخاطرات شغلی جهت کنترل آن‌ها انجام می‌شود [۱-۳]. روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک مخاطرات در محیط‌های کاری وجود دارند که به‌طور عمده بر مخاطرات ایمنی متمرکز می‌باشند [۴]؛ اما در صنایع، کارکنان علاوه بر مخاطرات ایمنی با عوامل زیان‌آور مختلفی مواجه هستند و عدم رعایت اصول احتیاطی و اقدامات کنترلی در هنگام کار می‌تواند منجر به عوارض نامطلوبی در ارتباط با سلامت کارکنان گردد. گستره این عوارض به نوع عامل زیان‌آور (از جمله شیمیایی، فیزیکی و ارگونومی)، ویژگی‌های آن و مدت زمان مواجهه بستگی دارد [۵]؛ از این رو برای تصمیم‌گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر عوارض نامطلوب ناشی از عوامل زیان‌آور شغلی لازم است ریسک بهداشتی مواجهه با این مواد به‌طور اختصاصی مورد ارزیابی قرار گیرد [۶].

با استفاده از ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با عوامل زیان‌آور شغلی می‌توان ارزیابی جامعی از میزان مواجهه کارکنان با عوامل مخاطره‌آمیز بهداشتی داشت و در مورد پیش‌بینی اقدامات کنترلی برای حفاظت کارکنان در محیط کار تصمیم‌گیری نمود [۷]. با این وجود روش‌های ارزیابی ریسک مرسوم، جنبه‌های بهداشتی محیط کار از جمله عوامل زیان‌آور شغلی را به شکل تخصصی در نظر نمی‌گیرند؛ بدین‌معنا که معمولاً نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های محیط کار در تعیین رتبه ریسک مخاطرات در نظر گرفته نمی‌شود [۸].

در یک دسته‌بندی کلی می‌توان عوامل زیان‌آور شغلی را به پنج گروه عوامل زیان‌آور شیمیایی (شامل: انواع آئروسل‌ها، گازها و بخارات)، بیولوژیکی (شامل انواع بیوآئروسول‌ها)، فیزیکی (شامل: صدا و ارتعاش، تنش‌های حرارتی محیط کار، روشنایی و انواع تشعشعات یونیزان و غیریونیزان)، ارگونومی و روانی تقسیم‌بندی نمود [۹]. برای ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با عوامل زیان‌آور شیمیایی لازم است درجه مواجهه و خطر آن‌ها ارزیابی شود. درجه مواجهه براساس اندازه‌گیری عوامل براساس روش‌های استاندارد تعیین می‌گردد. درجه خطر نیز با توجه به نوع و شدت آسیبی که بر انسان وارد می‌شود و براساس مطالعات سم‌شناسی مشخص می‌گردد [۲].

عوامل زیان‌آور ارگونومی طیف وسیعی از خطرات از جمله نوبت کاری، وضعیت‌های کاری نامناسب، بار کاری روانی و جسمانی و غیره را دربرمی‌گیرند. با این وجود، در کتاب حدود مواجهه شغلی ایران (OEL: Occupational Exposure Limit) [۱۰] تنها برای برخی از این خطرات حدود مواجهه شغلی ارائه شده است که ارزیابی ریسک مخاطرات ارگونومیکی براساس اطلاعات موجود در صنایع می‌تواند در مورد آن‌ها انجام شود. در بین خطرات ارگونومیکی، آسیب‌های اسکلتی- عضلانی اهمیت به‌سزایی داشته و در جهان (چه در کشورهای توسعه‌یافته و چه در کشورهای درحال توسعه) از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند و بخش بزرگی از روش‌های ارزیابی ارگونومیک به روش‌های ارزیابی ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی اختصاص یافته است [۱۱]. در کتاب حدود مواجهه شغلی ایران (OEL) برای ارزیابی سطح مواجهه با ریسک‌فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی چهار روش ROSA (Rapid Office Strain Assessment)، QEC (Quick Exposure Check)، REBA (Rapid Entire Body Assessment) و RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ارائه شده است. همچنین برای ارزیابی فعالیت‌های حمل دستی بار (شامل بلندکردن/پایین‌گذاشتن بار) روش WISHA و برای ارزیابی ریسک فعالیت‌های هل‌دادن، کشیدن و حمل بار جداول Snook معرفی شده‌اند. در مورد ارزیابی تناسب و تطابق فیزیولوژیک (جسمانی) نیز یک روش ساده و کاربردی براساس ضربان قلب ارائه شده است.

مطابق با بررسی‌های به‌عمل‌آمده، تاکنون مطالعات متعددی در مورد ارزیابی ریسک بهداشتی در صنایع فرایندی و غیرفرایندی انجام شده‌اند [۳،۷،۱۲-۱۴] که در تمامی آن‌ها صرفاً یک گروه از خطرات بهداشتی و به‌طور عمده عوامل زیان‌آور شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفته است؛ به‌عنوان مثال در مطالعه جهانگیری و همکاران در سال ۱۳۸۹، ریسک بهداشتی ناشی از مواد شیمیایی براساس یک روش نیمه‌کمی برگرفته از مرکز ایمنی و بهدشت حرفه‌ای کشور سنگاپور ارزیابی شد و انواع مواد شیمیایی از نظر ریسک مواجهه اولویت‌بندی گردید [۷]. در مطالعه Tong و همکاران در سال ۲۰۱۸ نیز ریسک گرد و غبار در صنایع ساختمان‌سازی براساس مدل ارزیابی ریسک حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA: United States Environmental Protection Agency) و روش شبیه‌سازی مونت کارلو (Monte Carlo) ارزیابی شد [۱۵]. علاوه‌براین، گل‌بابایی و همکاران در سال ۱۳۹۰ به ارزیابی ریسک مواجهه با فیوم در فرایندهای جوشکاری پرداختند و برای ارزیابی ریسک از روش توصیه‌شده توسط انجمن ایمنی و بهداشت سنگاپور استفاده نمودند [۱۳]. جلالی و همکاران نیز در مطالعه خود در سال ۱۳۹۲، ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene Isomers) جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین شهر مشهد را با استفاده از روش توصیه‌شده توسط انجمن ایمنی و بهداشت سنگاپور مورد ارزیابی قرار دادند [۱۴]. از سوی دیگر، Carducci و همکاران در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۶ با استفاده از ارزیابی ریسک کمی میکروبی که در مطالعات ایمنی مواد غذایی و آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌گرفته است، مواجهه شغلی افراد با بیوآئروسل‌ها را در صنایع تصفیه فاضلاب ارزیابی نمودند [۱۶]. علاوه بر مطالعاتی که در ارتباط با صنایع انجام شده‌اند، AL-Sarraji و همکاران در سال ۲۰۱۷ در مطالعه‌ای به‌صورت کیفی به ارزیابی خطرات شغلی پرستاران پرداختند [۱۷].

با توجه به اینکه در محیط‌های کاری علاوه بر خطرات شیمیایی، مخاطرات دیگری از جمله خطرات فیزیکی و ارگونومی نیز وجود دارد و مدیریت بهداشت شغلی محیط کار مستلزم شناسایی و ارزیابی ریسک تمامی خطرات بهداشتی می‌باشد، مطالعه حاضر با هدف ارائه یک روش جامع برای ارزیابی ریسک خطرات بهداشتی و کاربرد آن در یک صنعت پتروشیمی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه توصیفی- تحلیلی حاضر در یکی از پتروشیمی‌های جنوب کشور از آبان سال ۱۳۹۶ تا اردیبهشت سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این مطالعه ۹۹ گروه شغلی شامل ۴۳۶ شغل مختلف اداری و عملیاتی مورد بررسی قرار گرفتند. شایان ذکر است مشاغلی که عوامل زیان‌آور آن‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج آن

در دسترس بود، وارد مطالعه شدند. روش مورد استفاده در این پژوهش برگرفته از مطالعه Chackling و همکاران [۱۸] و Tank Kia Tang [۱۹] بود که پس از توسعه و بومی‌سازی براساس الزامات بهداشت حرفه‌ای ایران از جمله آخرین ویرایش کتاب حدود مواجهه شغلی (OEL) تحت عنوان "روش ارزیابی ریسک جامع مخاطرات بهداشت حرفه‌ای (COHRA: Comprehensive Occupational Health Risk Assessment)" ارائه گردید و مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این مطالعه ابتدا تیم ارزیابی ریسک بهداشت حرفه‌ای متشکل از سرپرست واحد، نماینده کارکنان و متخصص بهداشت حرفه‌ای و ایمنی تشکیل شد و با مشورت آن‌ها عوامل زیان‌آور موجود در هر گروه شغلی شناسایی گردید. در مرحله بعد، درجه مواجهه (ER) و درجه خطر (HR) هرکدام از عوامل زیان‌آور به شیوه زیر تعیین گردید و درجه ریسک هر عامل با استفاده از رابطه ۱ برآورد گشت. در نهایت، سطح ریسک هرکدام از عوامل مورد ارزشیابی قرار گرفت [۲].

رابطه ۱

$$Risk\ Level = \sqrt{ER \times HR}$$

تعیین درجه مواجهه (ER)

در این مطالعه درجه مواجهه افراد با هریک از عوامل زیان‌آور شغلی براساس دو عامل میزان مواجهه فرد و حدود مجاز شغلی محاسبه گردید. برای تعیین میزان مواجهه با تمامی عوامل زیان‌آور محیط کار از نتایج اندازه‌گیری‌های انجام‌شده طی یک سال موجود در صنعت مورد بررسی استفاده شد. باید خاطرنشان ساخت که درجه مواجهه با عوامل شیمیایی (برای هر ماده)، عوامل فیزیکی و ارگونومی (برای هر عامل) با استفاده از نسبت میزان مواجهه و حدود مجاز مواجهه شغلی مندرج در آخرین ویرایش کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) کشوری (ویرایش ۱۳۹۵) محاسبه شد و از ۱ تا ۵ رتبه‌بندی گردید (به‌ترتیب جداول ۱، ۲ و ۳). از آنجایی که حد مجاز مواجهه با صدا در مورد اتاق کنترل و فعالیت‌های اداری ۷۰ دسی‌بل می‌باشد، برای صدای بیش از ۷۰ دسی‌بل درجه مواجهه امتیاز ۵، برای صدای ۶۰ تا ۷۰ دسی‌بل درجه مواجهه امتیاز ۴ و برای صدای کمتر از ۶۰ دسی‌بل درجه مواجهه امتیاز ۱ در نظر گرفته شد. از سوی دیگر به‌منظور ارزیابی روشنایی محیط کار، میزان حدود مواجهه متناسب با هر وظیفه از کتابچه OEL کشوری استخراج گردید و در صورتی که روشنایی محیط مورد بررسی کمتر از حدود توصیه‌شده بود، درجه مواجهه ۵ و اگر بیشتر و یا در حدود توصیه‌شده بود، درجه مواجهه ۱ در نظر گرفته می‌شد.

تعیین درجه خطر (HR)

پس از شناسایی تمامی عوامل زیان‌آور، درجه خطر هرکدام از آن‌ها با توجه به ماهیت و نوع عامل مشخص گردید. برای تعیین درجه خطر عوامل شیمیایی از عبارات خطر مندرج در برگه

جدول ۱: تعیین درجه مواجهه با عوامل شیمیایی در روش COHRA [۵]

درجه مواجهه	میزان مواجهه تک‌تک مواد	مواجهه مخلوط برای مواد با اثر افزایشی
۵	E> ۱۰۰ درصد OEL	>۱
۴	۱۰۰OEL درصد ≥E>۷۵ OEL درصد	
۳	۷۵OEL درصد ≥E>۵۰ OEL درصد	
۲	۵۰OEL درصد ≥E>۲۵ OEL درصد	
۱	E≤ ۲۵OEL درصد	≥۱

E: میزان مواجهه؛ OEL: حدود مجاز مواجهه شغلی

جدول ۲: تعیین درجه مواجهه با عوامل فیزیکی در روش COHRA [۱۰]

درجه مواجهه	صدا		پرتو فرابنفش، مادون قرمز، میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی	ارتعاش	روشنایی	تنش گرمایی (شاخص WBGT: Wet Bulb (Globe Temperature
	میزان مواجهه بر حسب (A) دسی‌بل	دوزیمتری				
۵	E>OEL	D> ۱۰۰ درصد	E> ۱۰۰ درصد OEL	۱۰۰ OEL درصد <E	E<OEL	E> ۱۰۰ درصد OEL
۴	AL<E≤OEL	۱۰۰ درصد ≥D> ۵۰ درصد	۱۰۰ درصد OEL ≥E>۷۵ درصد OEL			۱۰۰ درصد OEL AL<E≤
۳	E≤AL	D≤ ۲۵ درصد	۷۵ درصد OEL ≥E>۵۰ درصد OEL	۱۰۰ OEL درصد ≥AL<E		E≤AL
۲			۵۰ درصد OEL ≥E>۲۵ درصد OEL	E≤AL		
۱			E≤ ۲۵ درصد OEL		E≥OEL	

E: میزان مواجهه؛ OEL: حدود مجاز مواجهه شغلی؛ AL: حد مراقبت؛ D: دوز مواجهه

جدول ۳: تعیین درجه مواجهه با مخاطرات ارگونومیک در روش COHRA [۱۰]

درجه مواجهه	امتیاز روش RULA	امتیاز روش REBA	امتیاز روش QEC	امتیاز روش ROSA	حمل بار با استفاده از روش WISHA	جداول اسنوک (هل دادن، کشیدن و حمل بار)	ارزیابی کار جسمانی
۵	سطح ۴ (امتیاز نهایی ۷ یا بیشتر)	سطح ۴ (امتیاز نهایی ۸ تا ۱۵)	۷۰ درصد<		۱۰۰ درصد OEL E>	عدد نهایی<۵۰	ضربان قلب در هنگام کار بیشتر از حداکثر ضربان مجاز
۴	سطح ۳ (امتیاز نهایی ۵ یا ۶)	سطح ۳ (امتیاز نهایی ۴ تا ۷)	۷۵-۵۱ درصد		۱۰۰ درصد OEL ۷۵ OEL<E≤ درصد	۶۵-۵۰	
۳	سطح ۲ (امتیاز نهایی ۳ یا ۴)	سطح ۲ (امتیاز نهایی ۲ تا ۳)	۵۰-۴۱ درصد	عدد نهایی≤۵	۷۵ درصد OEL ۵۰ OEL<E≤ درصد	۸۰-۶۵	
۲	سطح ۱ (امتیاز نهایی ۱ یا ۲)	سطح ۱ (امتیاز نهایی ۱)	۴۰ درصد≤	عدد نهایی<۵	۵۰ درصد OEL ۲۵ OEL<E≤ درصد	۹۰-۸۰	
۱					۲۵ درصد OEL E≤	عدد نهایی<۹۰	ضربان قلب در هنگام کار کمتر از حداکثر ضربان مجاز

E: میزان مواجهه؛ OEL: حدود مجاز مواجهه شغلی

جدول ۴: تعیین درجه خطر عوامل شیمیایی در روش COHRA [۲۰]

درجه شدت خطر	براساس عبارات خطر مندرج در SDS	براساس عبارات ریسک مندرج در MSDS
۵	H 334, 340, 341, 350	E: احتمال سرطان و یا سمیت ژنتیکی
۴	H 300, 310, 330, 351, 360, 361, 362, 372	D: بسیار سمی تنها با یک مواجهه R26, R26/27, R26/27/28, R 26/28, R27, R27/28, R28, Carc.Cat. 3 R40, R48/23, R48/23/24, R 48/23/24/25, R48/23/25, R48/24, R48/24/25, R48/25, R60, R61, R62, R63
۳	H 301, 311, 314, 317, 318, 331, 335, 370, 373	C: به شدت تحریک‌کننده، خورنده یا سمی R23, R23/24, R23/24/25, R 23/25, R24, R24/25, R25, R34, R35, R36/37, R36/37/38, R 37, R37/38, R41, R43, R48/20, R48/20/21, R48/20/21/22, R48/20/22, R48/21, R48/21/22, R48/22
۲	H 302, 312, 332, 371	B: خطرناک تنها با یک مواجهه R20, R20/21, R20/21/22, R20/22, R21, R21/22, R22, H302, H313, H332, H371
۱	H 303, 304, 305, 313, 315, 316, 318, 319, 320, 333, 336	A: تحریک‌کننده پوست و چشم بدون خطر R36, R36/38, R38

اطلاعات ایمنی مواد (SDS: Safety Data Sheet) براساس طبقه‌بندی GHS (Globally Harmonized System) و یا عبارات ریسک مندرج در برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی (MSDS: Material Safety Data Sheet) استفاده شد (جدول ۴). درجه خطر عوامل زیان‌آور فیزیکی و ارگونومی نیز براساس نوع عامل و قدرت آسیب‌رسانی آن‌ها با استفاده از جدول ۵ تعیین شد. باید خاطرنشان ساخت که در مورد روشنایی، اگر در موقعیتی با روشنایی نامناسب خطر حادثه وجود داشت، درجه خطر ۳ و در غیر این صورت درجه خطر ۴ در نظر گرفته می‌شد. در مورد صدا نیز اگر صرفاً خطر افت شنوایی وجود داشت، درجه خطر ۳ و در صورتی که مواجهه با صدا احتمال خطای انسانی و برهم‌زدن تمرکز را در پی داشت، با توجه به شرایط محل درجه خطر ۴ در نظر گرفته می‌شد.

تعیین رتبه ریسک

پس از تعیین درجه خطر و درجه مواجهه و نیز محاسبه درجه ریسک بهداشتی با استفاده از رابطه ۱، سطوح ریسک مطابق با جدول ۶ رتبه‌بندی گردید. نمرات ۱ تا ۵ سطح ریسک به‌ترتیب

جدول ۵: تعیین درجه خطر عوامل فیزیکی و ارگونومی در روش COHRA [۷]

درجه شدت خطر	سطح	توصیف
۵	فاجعه‌بار- مرگ	مرگ و میر در چند نفر یا اثرات غیرقابل‌برگشت مهم، مواد سرطان‌زا، سموم اثرگذار بر تولیدمثل، اثرات تهدیدکننده زندگی، کمبود روشنایی و شدت صوت که خطر حادثه را در پی داشته باشد.
۴	شدید- صدمات جدی	منجر به مرگ یک نفر، اثرات بهداشتی غیرقابل‌برگشت یا ناتوان‌کننده در یک یا چند نفر و عوارض مزمن پیش‌رونده مانند افت شنوایی، پنوموکوزیس و بیماری‌های ریوی انسدادی
۳	متوسط- نیازمند درمان	صدمات شدید برگشت‌پذیر که می‌تواند منجر به بیماری و روز از دست رفته کاری (غیبت از کار به‌دلیل بیماری) شود؛ نظیر اختلالات اسکلتی- عضلانی، اثرات فیزیکی آفتاب‌زدگی، اثرات سیستم عصبی به غیر از نارکوزیس، بیماری‌های هوابرد غیرکشنده، استرس حرارتی و عوارض ناشی از تشعشعات فرابنفش، مادون قرمز و میدان‌های مغناطیسی
۲	جزئی- نیازمند به کمک‌های اولیه	اثرات بهداشتی برگشت‌پذیر که منجر به درمان پزشکی بدون زمان ازدست‌رفته می‌شود، نارکوزیس و آفتاب‌سوختگی
۱	قابل چشم‌پوشی- بدون صدمه	اثرات بهداشتی برگشت‌پذیر با نگرانی اندک نیازمند کمک‌های اولیه، ناراحتی‌های عضلانی جزئی و سردرد

جدول ۶: رتبه‌بندی سطوح ریسک بهداشتی در روش COHRA [۱۹]

نمره ریسک	سطح ریسک	توصیف
۵	بسیار بالا	اقدام فوری برای دورکردن کارگر از منبع لازم است.
۴	بالا	انجام کنترل‌های مهندسی، اندازه‌گیری مواجهه حداقل یک بار در سال و انجام اقدامات کنترلی موقت
۳	متوسط	ریسک نیازمند توجه اضطراری است. ممکن است ریسک کنترل‌شده باشد؛ اما به دلیل احتمال وخامت اوضاع، نیاز به بازبینی‌های منظم داشته باشد.
۲-۱	پایین	هیچ‌گونه اقدام فوری نیاز نیست. در حال حاضر خطر کنترل شده است.

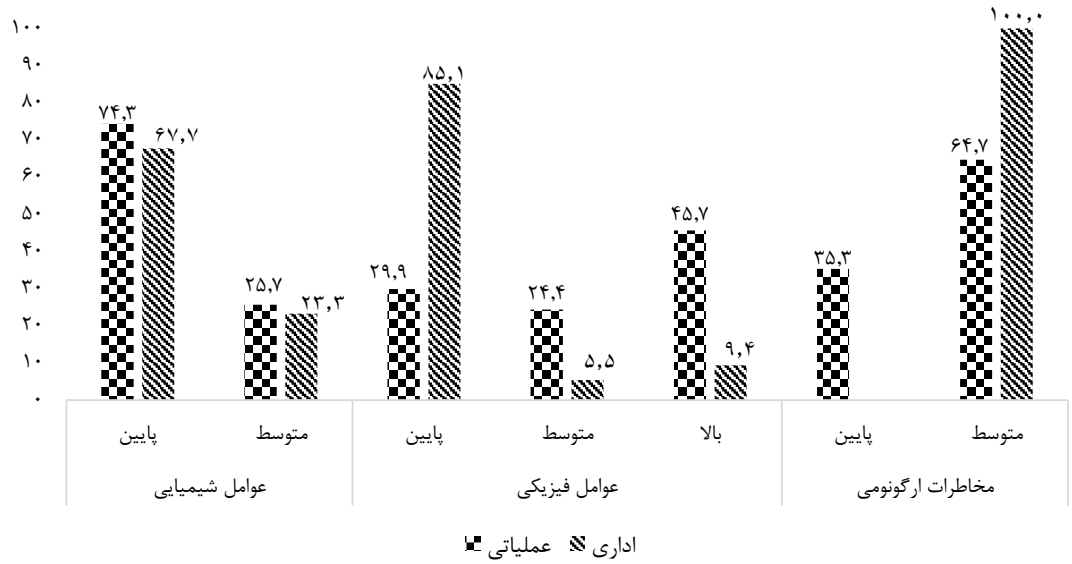
نشان‌دهنده سطح پایین تا سطح بسیار بالا می‌باشند.

یافته‌ها

در مطالعه حاضر به بررسی ۹۹ گروه شغلی شامل ۴۳۶ شغل مختلف پرداخته شد که از این تعداد، ۳۰۰ شغل اداری و ۱۳۶ شغل عملیاتی بودند. جدول ۷ یک نمونه کاربرگ تکمیل‌شده به روش COHRA در یکی از مشاغل عملیاتی (اپراتور LDPE) در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که

جدول ۷: نمونه کاربرگ نتایج ارزیابی ریسک عوامل زیان‌آور شغلی در یکی از مشاغل عملیاتی (اپراتور LDPE)

عوامل زیان‌آور		میزان مواجهه	OEL	درجه مواجهه	درجه شدت خطر	نمره ریسک	سطح ریسک
عوامل شیمیایی	بنزن (بخش در میلیون)	۰/۰۹۹	۰/۵	۲	۵	۳	متوسط
	اتیل بنزن (بخش در میلیون)	۰/۰۰۴	۲۰	۱	۴	۲	پایین
	تولوئن (بخش در میلیون)	۰/۰۰۸	۲۰	۱	۴	۲	پایین
	استایرن (بخش در میلیون)	ND	۲۰	۱	۵	۲	پایین
	پلی‌اتیلن (میلی‌گرم بر متر مکعب)	۰/۰۸	۱۰	۱	۳	۲	پایین
	مخلوط استایرن و اتیل بنزن	ـــــ	ـــــ	۱	۴	۲	پایین
عوامل فیزیکی	صدا (دسی‌بل)	۸۶	۸۵	۵	۴	۴	بالا
	روشنایی (Lux)	۳۰	۵۰	۵	۴	۴	بالا
	ارتعاش (m/s2)	۶/۸	۱/۸۵	۵	۳	۴	بالا
	میدان‌های مغناطیسی (µT)	۴۶	۱۲۰۰	۱	۳	۲	پایین
	میدان‌های الکتریکی (kv/m)	۰/۰۳۹	۱۰	۱	۳	۲	پایین
	استرس حرارتی (سانتی‌گراد)	۳۳	۲۹	۵	۲	۳	متوسط
مخاطرات ارگونومیک	پوسچر نامناسب (RULA)	ـــــ	ـــــ	۳	۳	۳	متوسط
	حمل بار با استفاده از روش WISHA	ـــــ	ـــــ	۳	۳	۲	پایین
	هل‌دادن، کشیدن و حمل بار	ـــــ	ـــــ	۳	۳	۲	پایین
	ارزیابی کار جسمانی	ـــــ	ـــــ	۵	۳	۴	بالا



شکل ۱: فراوانی سطوح ریسک عوامل زیان‌آور در دو بخش اداری و عملیاتی بر حسب درصد

مشاهده می‌شود از بین مخاطرات مورد بررسی ریسک صدا، روشنایی و ارتعاش در سطح بالا، ریسک مواجهه با بنزن، استرس حرارتی و پوسچر نامناسب در سطح متوسط و بقیه عوامل در سطح پایین ارزیابی گردیده‌اند.

سطح ریسک عوامل زیان‌آور شیمیایی، فیزیکی و ارگونومی در دو بخش اداری و عملیاتی در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تمامی عوامل زیان‌آور به غیر از مخاطرات ارگونومیک در مشاغل عملیاتی از مشاغل اداری بیشتر می‌باشند.

نتایج ارزیابی ریسک بهداشت حرفه‌ای تمامی مشاغل مورد مطالعه در جدول ۸ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در بخش عوامل شیمیایی، سطح ریسک مواجهه با بنزن (هم در بخش اداری و هم در بخش عملیاتی) با نمره ریسک ۳ (سطح متوسط) برآورد گردید و دیگر عوامل شیمیایی نمره ریسک ۲ (سطح پایین) را کسب نمودند. از سوی دیگر، در بخش عوامل فیزیکی بیشترین عوامل مورد بررسی صدا و روشنایی بودند که سطح ریسک صدا در بخش عملیاتی به‌طور عمده بالا بود و در بخش اداری، بیشترین برآورد سطح ریسک پایین بود. در ارتباط با روشنایی نیز در بخش عملیاتی، بیشتر مشاغل دارای سطح ریسک بالا بودند و در بخش اداری، بیشتر مشاغل سطح ریسک پایین داشتند.

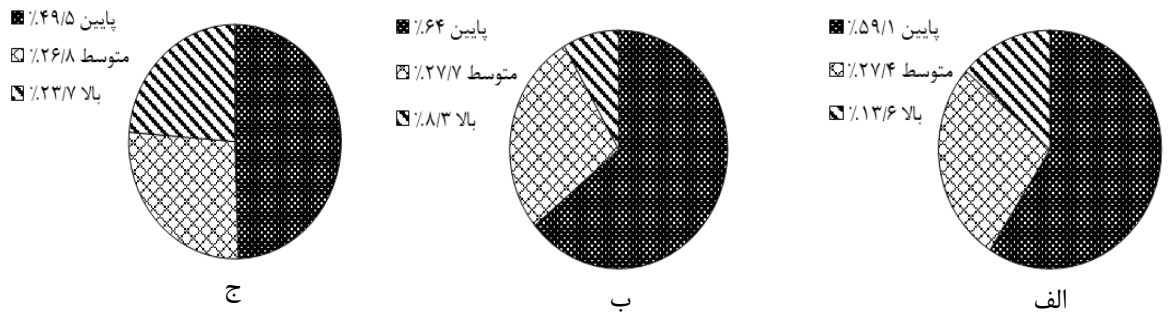
شکل ۲ مجموع سطوح ریسک تمامی عوامل زیان‌آور

جدول ۸: نتایج ارزیابی ریسک مخاطرات بهداشت حرفه‌ای در مشاغل اداری (۳۰۰ شغل) و عملیاتی (۱۳۶ شغل) مورد بررسی

عوامل زیان‌آور	مشاغل	سطح ریسک مخاطرات بهداشت حرفه‌ای						جمع
		بالا		متوسط		پایین		
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
عوامل شیمیایی	بنزن							
	اداری	ـــ	ـــ	۳۰۰	۱۰۰	ـــ	ـــ	۳۰۰
	عملیاتی	ـــ	ـــ	۱۳۶	۱۰۰	ـــ	ـــ	۱۳۶
	اتیل بنزن							
	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۳۰۰	۱۰۰	۳۰۰
	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۱۳۶	۱۰۰	۱۳۶
	تولوئن							
	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۳۰۰	۱۰۰	۳۰۰
	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۱۳۶	۱۰۰	۱۳۶
	استایرن							
	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۱۳	۱۰۰	۱۳
	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۵۳	۱۰۰	۵۳
	پلی‌اتیلن							
	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۱۰	۱۰۰	۱۰
	کروم							
	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۴	۱۰۰	۴
	مخلوط مواد شیمیایی							
	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۱۳	۱۰۰	۱۳
	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۵۲	۱۰۰	۵۲

ادامه جدول ۸.

عوامل فیزیکی	صدا	اداری	۴	۱/۳	۱۰	۳/۳	۲۸۶	۹۵/۳	۳۰۰
		عملیاتی	۱۱۰	۸۰/۹	۲۶	۱۹/۱	ـــ	ـــ	۱۳۶
	روشنایی	اداری	۱۰۵	۳۵	ـــ	ـــ	۱۹۵	۶۵	۳۰۰
		عملیاتی	۱۰۰	۷۳/۵	۳۶	۲۶/۵	ـــ	ـــ	۱۳۶
	ارتعاش	عملیاتی	ـــ	ـــ	۲۱	۸۴	۴	۱۶	۲۵
	میدان‌های مغناطیسی	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۲۲۷	۱۰۰	۲۲۷
		عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۷۲	۱۰۰	۷۲
	میدان‌های الکتریکی	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۲۱۷	۱۰۰	۲۱۷
		عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۷۲	۱۰۰	۷۲
	استرس حرارتی	عملیاتی	۵۶	۴۸/۲	۶۰	۵۱/۸	ـــ	ـــ	۱۱۶
	پرتو فرابنفش	اداری	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۵۷	۱۰۰	۵۷
		عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۱۸	۱۰۰	۱۸
	پرتو مادون قرمز	عملیاتی	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	۷	۱۰۰	۷
مخاطرات ارگونومیک	پوسچر نامناسب (ROSA)	اداری	۱۲	۴	۲۸۳	۹۴/۴	۵	۱/۶	۳۰۰
	پوسچر نامناسب (RULA)	عملیاتی	۴	۱۲/۲	۲۹	۸۷/۸	ـــ	ـــ	۳۳
	پوسچر نامناسب (REBA)	عملیاتی	۲	۱۳/۳	۱۰	۶۶/۷	۳	۲۰	۱۵
	پوسچر نامناسب (QEC)	عملیاتی	ـــ	ـــ	۱۰	۱۰۰	ـــ	ـــ	۱۰
	حمل بار با استفاده از روش WISHA	عملیاتی	۳	۹/۳	۲۷	۸۴/۵	۲	۶/۲	۳۲
	هل‌دادن و کشیدن	عملیاتی	ـــ	ـــ	۲۳	۶۷/۶	۱۱	۳۲/۴	۳۴
	ارزیابی کار جسمانی	عملیاتی	ـــ	ـــ	۱۲	۱۰۰	ـــ	ـــ	۱۲



شکل ۲: سطوح ارزیابی ریسک مشاغل مورد بررسی؛ الف. تمامی مشاغل، ب. مشاغل اداری، ج. مشاغل عملیاتی

شغلی بررسی‌شده با استفاده از روش COHRA را به‌صورت کلی و در دو بخش اداری و عملیاتی بر حسب درصد نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در مجموع مشاغل مورد بررسی ۵۹/۱ درصد از ریسک‌ها در سطح پایین، ۲۷/۴ درصد در سطح متوسط و ۱۳/۶ درصد در سطح بالا قرار دارند.

بحث

هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی ریسک جامع مخاطرات بهداشت حرفه‌ای (COHRA) در مشاغل اداری و عملیاتی یک صنعت پتروشیمی در جنوب کشور بود. نتایج نهایی مطالعه نشان داد که ریسک کلیه عوامل زیان‌آور محیط کار به غیر از مخاطرات ارگونومیک در مشاغل عملیاتی از مشاغل اداری بیشتر است. بر مبنای نتایج از بین عوامل زیان‌آور محیط کار، ریسک صدا و روشنایی در سطح بالا، ریسک مواجهه با بنزن، استرس حرارتی، ارتعاش و بیشتر مخاطرات ارگونومیک در سطح متوسط و مابقی عوامل در سطح پایین ارزیابی شدند.

در این مطالعه کارکنان بخش عملیاتی با پنج ماده شیمیایی بنزن، اتیل بنزن، تولوئن، استایرن و پلی‌اتیلن مواجهه داشتند که از بین این مواد، ریسک بنزن در تمامی مشاغل اداری و عملیاتی در حد متوسط و مابقی مواد در سطح پایین ارزیابی شدند. اگرچه میزان مواجهه با بنزن بسیار ناچیز بود؛ اما به دلیل درجه خطر بالا (خاصیت سرطان‌زایی)، ریسک آن در حد متوسط ارزیابی گردید که این امر نیازمند انجام اقدامات کنترلی نظیر کنترل نشتی‌ها، اجرای برنامه حفاظت تنفسی و پایش‌های پزشکی مداوم به‌منظور کاهش ریسک آن در سطح قابل‌قبول می‌باشد. از سوی دیگر، در این مطالعه ریسک مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی برای کارکنان بخش اداری به دلیل احتمال نشت مواد شیمیایی از بخش عملیاتی مورد ارزیابی قرار گرفت. برخلاف انتظار، ریسک خطرات بنزن در این مشاغل

نیز همانند مشاغل عملیاتی به دلایل ذکرشده در سطح متوسط ارزیابی گردید. جهت کاهش و کنترل ریسک مواجهه با بنزن در مشاغل اداری ضروری است علاوه بر کنترل منبع نشتی، اقداماتی همچون نصب سیستم‌های تهویه فشار مثبت و نیز دورکردن ساختمان‌های اداری از بخش‌های عملیاتی انجام شود.

براساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک به‌ترتیب ۱/۳ و ۸۰/۹ درصد از مشاغل اداری و عملیاتی مورد بررسی از نظر ریسک صدا در سطح بالا قرار داشتند. با توجه به اینکه معیار تعیین خطر ارزیابی این عامل براساس کتابچه OEL کشوری در مشاغل اداری ۷۰ دسی‌بل و در مشاغل عملیاتی ۸۵ دسی‌بل می‌باشد، لازم است رویکردهای کنترلی متفاوتی برای کاهش سطح ریسک این مشاغل به کار گرفته شود. این رویکردها در مورد مشاغل اداری به‌طور عمده بر بهسازی سیستم تهویه مطبوع و نصب عایق‌های صوتی برای جلوگیری از نفوذ صدای مناطق عملیاتی متمرکز می‌باشند؛ درحالی که برای مشاغل عملیاتی مواردی همچون اقدامات کنترل مهندسی و مدیریتی و نیز استفاده از تجهیزات حفاظت شنوایی مورد نیاز است. در مورد روشنایی نیز ۳۵ درصد از مشاغل اداری و ۷۳/۵ درصد از مشاغل عملیاتی دارای ریسک در سطح بالا بودند. به‌منظور کاهش ریسک روشنایی نامناسب به سطح قابل‌قبول ضروری است اقدامات لازم جهت تعویض لامپ‌های سوخته و نصب منابع روشنایی جدید براساس استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای صورت گیرد. بدیهی است که در تعیین سطح ریسک روشنایی در روش COHRA صرفاً میزان روشنایی اندازه‌گیری‌شده در نظر گرفته می‌شود و فاکتورهای کیفی روشنایی نظیر تجلی رنگ، درخشندگی و دمای رنگ ارزیابی نمی‌گردد؛ بنابراین هنگام انجام اقدامات کنترلی برای بهسازی منابع روشنایی می‌بایست این عوامل نیز در نظر گرفته شوند.

در پژوهش حاضر در ۸۴ درصد از مشاغل عملیاتی، سطح ریسک مواجهه با ارتعاش در حد متوسط ارزیابی شد. این مشاغل به‌طور عمده مربوط به فعالیت‌های تعمیراتی بودند که استفاده از تجهیزات مرتعش، بخش اصلی این مشاغل است و این مواجهه بیش از حد مربوط به ارتعاش دست و بازو می‌باشد. به‌منظور کاهش و کنترل ریسک ناشی از ارتعاش در این مشاغل ضروری است اقداماتی همچون کنترل مهندسی ارتعاش، استفاده از تجهیزات جدید با ارتعاش کمتر، تدوین و اجرای برنامه کار- استراحت و استفاده از دستکش ضد ارتعاش صورت گیرد. علاوه‌براین در مورد استرس حرارتی که تنها در مشاغل عملیاتی مشاهده می‌شود، ۵۱/۸ درصد دارای سطح ریسک متوسط و ۴۸/۲ درصد دارای سطح ریسک بالا بودند. با توجه به اینکه شرکت مورد نظر در جنوب کشور واقع شده است و استرس حرارتی همواره در طول سال وجود داشته و سطح ریسک آن بالا می‌باشد، ضروری است به‌منظور کاهش و کنترل این عامل، اغلب فعالیت‌های کاری در محیط‌های سرپوشیده انجام شود و یا در صورت عدم امکان در مشاغلی که سطح ریسک بالایی دارند، برنامه کار- استراحت منظم اجرا گردد.

در این مطالعه ریسک مخاطرات ارگونومیک براساس کتابچه OEL کشوری در چهار دسته پوسچر نامناسب، حمل بار، هل‌دادن/کشیدن و بار کار جسمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. در ارتباط با خطر پوسچر نامناسب نیز بر مبنای اینکه ماهیت شغل به چه صورت باشد و از چه روشی برای ارزیابی درجه مواجهه استفاده گردد، چهار گروه ROSA (فعالیت‌های اداری)، REBA، RULA (مشاغل عملیاتی که در آن‌ها بالاتنه بیشتر درگیر است) و QEC (مشاغلی با پیچیدگی شغلی بیشتر) مورد استفاده قرار گرفتند. هل‌دادن و کشیدن بار نیز توسط جداول اسنوک ارزیابی گردیدند. مطابق با نتایج جدول ۸، سطح ریسک مخاطرات ارگونومیک در شرکت مورد مطالعه در حد متوسط ارزیابی شد. به‌منظور کاهش و کنترل سطح ریسک مخاطرات ارگونومیک در بخش اداری می‌توان به تغییر ایستگاه کاری کار با رایانه، تغییر صندلی‌های ثابت به صندلی‌هایی با قابلیت تنظیم ارتفاع و آموزش در مورد ارگونومی کار با رایانه و در بخش عملیاتی به آموزش نحوه صحیح انجام کار اشاره کرد.

محدودیت‌های مطالعه

در این مطالعه به‌منظور تعیین درجه مواجهه جهت برآورد سطح ریسک مخاطرات بهداشتی از نتایج اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور محیط کار موجود در شرکت مورد بررسی که یک بار در سال انجام شده بود، استفاده گردید. با توجه به اینکه یک بار اندازه‌گیری در طول سال ممکن است نماینده میزان مواجهه کارکنان در طول سال نباشد، این احتمال وجود دارد که تعیین درجه مواجهه با عوامل زیان‌آور با میزانی از عدم قطعیت همراه باشد؛ از این رو ضروری است تعداد دفعات اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور براساس استراتژی‌های بهداشت حرفه‌ای به‌صورت دقیق‌تر تعیین گردد. باید خاطرنشان ساخت که در مورد برخی از خطرات شغلی از جمله نوبت کاری، عوامل بیولوژیکی و غیره ممکن است روش‌های استاندارد اندازه‌گیری وجود نداشته باشد که در این موارد می‌بایست از روش‌های اختصاصی برای ارزیابی ریسک استفاده گردد.

نتیجه‌گیری

با استفاده از روش ارزیابی ریسک بهداشتی ارائه‌شده در این مطالعه می‌توان نتایج اندازه‌گیری‌ها و ارزیابی‌های عوامل زیان‌آور محیط کار را در قالب رتبه ریسک بهداشتی مواجهه با مواد شیمیایی، عوامل فیزیکی و ارگونومی ارائه کرد که این نتایج می‌تواند در اختصاص منابع جهت اقدامات کنترلی و اولویت‌بندی به‌منظور کاهش سطح ریسک نهایی به سطح ریسک قابل‌قبول در

صنایعی همچون صنایع پتروشیمی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده برای تدوین یک شاخص تجمیعی از عوامل زیان‌آور محیط شغلی از روش‌های تعیین وزن برای عوامل زیان‌آور استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان از همکاری مسئولان ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE: Health and Safety Executive) صنعت مورد مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند.

REFERENCES

1. Bahman Abdolhamidzadeh NB. Qualitative and quantitative risk assessment in process industries and method description of industrial hazards recognition focusing on method of Hazop. 4th ed. Tehran: Andishehsara; 2014. [Persian]
2. 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 Quart J*. 2014;**5**(4):33-41. [Persian]
3. Malakouti J, Jang S, Mosaferchi S, Hasely F, Azizi F, Mahdinia M. Health risk assessment of occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories of Qom University of Medical Sciences. *Iran Occup Health Journal*. 2014;**11**(2):13-25. [Persian]
4. Aven T. Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation. *Eur J Operat Res*. 2016;**253**(1):1-13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023
5. Ministry of Cooperatives Labour and Scocial Welfare. Occupational exposure limits (valume: chemical agents). 4th ed. Tehran: Health and Environment Center; 2016. [Persian]
6. Jafari MJ, Karimi A, Rezazadeh Azari M. The challenges of controlling organic solvents in a paint factory due to solvent impurity. *Ind Health*. 2009;**47**(3):326-32. PMID: 19531919
7. Jahangiri M, Motovagheh M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. *Iran Occup Health*. 2011;**7**(4):18-24.
8. Hallenbeck WH. Quantitative risk assessment for environmental and occupational health. Florida: CRC Press; 1993.
9. Volquind D, Bagatini A, Monteiro GM, Londero JR, Benvenutti GD. Occupational hazards and diseases related to the practice of anesthesiology. *Braz J Anesthesiol*. 2013;**63**(2):227-32. PMID: 24565132 DOI: 10.1016/j.bjane.2012.06.006
10. Schulte PA, Murashov V, Zumwalde R, Kuempel ED, Geraci CL. Occupational exposure limits for nanomaterials: state of the art. *J Nanopart Res*. 2010;**12**(6):1971-87. DOI: 10.1007/s11051-010-0008-1
11. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;**14**(1):13-23. PMID: 14759746 DOI: 10.1016/j.jelekin.2003.09.015
12. Heydari M, Omidvari M, Fam IM. Presenting of a material exposure health risk assessment model in oil and gas industries (case study: Pars Economic and Energy Region). *Health Safety Work*. 2014;**3**(4):11-22. [Persian]
13. Golbabaei F, Mahdizade M, Gheasedin M, Mohajer K, Eskandari D. Risk assessment of welders` exposure to total fume in an automobile industry. *Health Safety Work*. 2012;**1**(1):9-18. [Persian]
14. Jalali M, Jalali S, Shafii Motlagh M, Mardi H, Negahban Sar, Faraji Tomarkandi V, et al. Health risk assessment of occupational exposure to BTEX compounds in petrol refueling stations in Mashhad. *J Neyshabur Univ Med Sci*. 2014;**1**(1):19-27. [Persian]
15. Tong R, Cheng M, Zhang L, Liu M, Yang X, Li X, et al. The construction dust-induced occupational health risk using Monte-Carlo simulation. *J Cleaner Prod*. 2018;**184**:598-608. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.02.286
16. Carducci A, Donzelli G, Cioni L, Verani M. Quantitative microbial risk assessment in occupational settings applied to the airborne human adenovirus infection. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;**13**(7):733. PMID: 27447658 DOI: 10.3390/ijerph13070733
17. AL-Sarraji SS, Hassan HJ, Flaih BM. Assessment of occupational hazards on nurses who working in the operative room at AL-Amarah City Hospitals. *Kufa J Nurs Sci*. 2018;**7**(2):55-64.
18. Chaiklieng S, Suggaravetsiri P, Autrup HN. Benzene exposure and human health risk assessment via biological monitoring among workers at gasoline stations. *BMJ*. 2018;**75**(2):A398. DOI: 10.1136/oemed-2018-ICOHabstracts.1138
19. Yari S, Fallah Asadi A, 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*. 2015;**17**(S3):205-11. PMID: 27165227
20. Occupational Safety and Health Administration. Hazard communication standard: safety data sheets. Washington, D.C: Occupational Safety and Health Administration; 2012.