Original Article

Iran Occupational Health

http://ioh.iums.ac.ir

Iran Occupational Health. 2020 (27 Dec);17:68.

# Development of a technique for semi-quantitative risk assessment of exposure to chemicals

**Davood Eskandari,** Assistant Professor, Workplace Health Promotion Research Center, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
**Hasti Borgheipour,** Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran,Iran.
**Mousa Jabbari Gharabagh,** Associate professor, School of Occupational Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
**Atefeh Abdpour,** M.Sc. Student, Department of Environmental Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
**Ghazaleh Monazami Tehrani,** (*Corresponding author), Assistant professor, Department of Health, Safety and Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. ghazaleh.monazami@sbmu.ac.ir

## Abstract

**Background and aims:** Employee exposure assessment through long-term monitoring is not feasible due to the complexity of sampling and analysis methods in all operating conditions. The use of chemical exposure risk assessment methods is an appropriate way to evaluate the exposure status of chemical workers in some situations. However, difficulties usually arise with industries mainly due to the more hazardous chemicals used in some industries, raising costs and the need for more intensive manpower for conducting exposure assessments. An alternative strategy, known as the control banding (CB) strategy, has recently been developed for risk assessment and management of chemical exposure hazards in workplaces. In general, the development of a CB strategy is not intended to replace the quantitative monitoring approach, but rather is used as a screening and handy tool for small-and medium-size enterprises (SMEs) when conveniently prioritizing exposure risks imposed on workers. Of course, there is a need for special considerations to provide a comprehensive technique and to address the shortcomings of current methods such as disregard for existing control measures. Semi-quantitative chemical risk assessment methods such as COSHH, CCTK and Singapore risk assessment methods do not take into account some of the most influential chemical exposure parameters such as engineering control measures, personal protective equipment, and management control measures to calculate the risk number. This creates uncertainty in the calculated risk number. In this study, based on the CB concept, a semi-quantitatively more sophisticated model will be developed to predict the risk of exposure to chemicals.

**Methods:** Initially, a list of all chemicals used in the various Maroon Petrochemical Units including raw materials, intermediates, basic products and by-products was prepared. The complex was then subdivided into smaller units and each unit subdivided into smaller processes and each process was subdivided into smaller tasks; and finally a list of all chemical exposed staff was prepared in the form of similar exposure groups (SEGs). In this study, three factors influencing the risk of exposure to chemicals were considered based on the Control Banding (CB) approach, including the Health Hazard Index (HHI), indicating the inherent toxic properties of chemicals. Chemical Occupational Exposure Index (OEI) aims to show the characteristics associated with process conditions and material properties and exposure models, as well as the Control of Effectiveness Index (CEI), taking into account the engineering and management measures that affect chemical exposure. Then, according to the above method, the risk of exposure to chemicals was investigated in Marun petrochemical Complex.

**Results:** A detailed study of the working process provided a list of all the

**Keywords**

Exposure Risk Assessment

Chemicals

Control Measures

Received: 2019-10-14

Accepted: 2020-05-17

[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

chemicals present in Marun Petrochemical. At this stage, 49 chemicals were identified in different units including heavy polyethylene unit (HD), propylene unit (PP), olefin unit (OL), ethylene oxide / ethylene glycol unit (EO / EG) and utility unit (UT). In each unit, 6 similar exposure groups on the basis of similarity of activities and occupational exposure to chemicals including site man, board man, sample man, head of unit and supervisor, dust man and office staff were identified. To assess the risk of identified substances, the health hazard index for chemicals was determined based on OSHA health code. Based on the results obtained in the EO / EG unit of CORTROLOS7780 and diethylene glycol with HHI index of 4.3 and 3.5, respectively, the highest health hazards were obtained. In addition, substances such as nitrogen and methane had the lowest HHI coefficient due to their inherent low toxicity hazards. Potassium carbonate in this unit had the highest coefficient of occupational exposure index due to the type of process, properties and duration of exposure. The OEI index for this substance in the Site man Working Group was 11.6. Chemical exposure risk index (CRI) was calculated from the factors affecting exposure. Based on the findings of the study, exposure to benzene and 1,3 butadiene with a risk score of 20/01 and 14/35, respectively, obtained highest risk score in the HD unit and in the whole complex due to the inherent hazards associated with these substances and other factors including exposure duration and poor effectiveness. Moreover, in all units, due to the low exposure time to chemicals, the lowest risk numbers were reported for similar exposure groups as the Boardman and the head of the unit.

**Conclusion:** The present method can be used as a non-sophisticated and valid tool for risk assessment of occupational exposure to chemicals. In addition, considering the role of control measures and their impact on risk score, this method will be able to provide a more accurate calculation of the working conditions of the personnel when exposed to chemicals. It should be noted that although the semi-quantitative risk assessment model is based on the concept of CB, this model has tried to incorporate more complex factors to reflect the toxicity and potential exposure of workers' chemicals than the models currently used. Like COSHH and Singapore's proposed method (6, 22). Most importantly, worker protection measures (such as the number of management measures, the effectiveness of engineering control measures, and the use of personal protective equipment, etc.) are included in the model. In contrast to conventional methods, more effective control measures have been used in this method, which will increase the accuracy of this model compared to other methods offered to assess the risk of exposure to chemicals in the workplace. However, it should be noted that the OEI were rated based to the OEL-TWA of a given chemical (including in both gas and particulate phases) chosen for protecting employees from inhalators exposures, making the suggested model inadequate for assessing employees' dermal exposures. In addition, the model does not separate acute and chronic effects of the exposed chemicals, assumes the existence of synergistic effects for multiple chemical exposures, and carcinogens are treated in a simple way. Therefore, the suggested model should be used with cautiousness. Lastly, the suggested model can only be considered as a semi-quantitative in nature, further validation through the comparison with quantitative exposure monitoring outcomes is still required to increase its predicting efficiency.

**Conflicts of interest:** None

**Funding:** Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

**How to cite this article:**

Davood Eskandari, Hasti Borgheipour, Mousa Jabbari Gharabagh, Atefeh Abdpour, Ghazaleh Monazami Tehrani. Development of a technique for semi-quantitative risk assessment of exposure to chemicals. Iran Occupational Health. 2020 (27 Dec);17:68.

***This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence**



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

سلامت کار ایران
دوره ۱۷ - ۱۳۹۹/۶۸

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

# ارائهٔ تکنیکی جهت ارزیابی ریسک نیمه‌کمّی مواجهه با مواد شیمیایی

**داود اسکندری:** استادیار، مرکز تحقیقات ارتقای سلامت محیط کار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکدهٔ بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
**هستی برقعی پور:** استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
**موسی جباری قره باغ:** دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
**عاطفه عبدپور:** دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
**غزاله منظمی تهرانی:** (* نویسنده مسئول) استادیار، گروه سلامت ایمنی و محیط زیست، دانشکدهٔ بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
ghazaleh.monazami@sbmu.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** ارزیابی مواجههٔ شغلی کارکنان از طریق پایش بلندمدت به‌علت پیچیدگی‌های روش‌های نمونه برداری و آنالیز در تمامی شرایط عملی نیست. استفاده از روش های ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی راهکاری مناسب جهت بررسی وضعیت مواجههٔ کارکنان با مواد شیمیایی در برخی شرایط است. البته نیاز به ملاحظات ویژه جهت ارائهٔ تکنیکی جامع و رفع نواقص روش‌های حاضر مانند بی‌توجهی به اقدامات کنترلی موجود وجود دارد. روش‌های نیمه‌کمّی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی حاضر مانند روش COSHH، CCTK و روش ارزیابی ریسک کشور سنگاپور جهت محاسبهٔ عدد ریسک، بسیاری از پارامترهای تأثیرگذار در مواجههٔ مواد شیمیایی مانند اقدامات کنترلی مهندسی، تجهیزات حفاظت فردی، اقدامات مدیریتی و... را درنظر نمی‌گیرند که این موضوع باعث ایجاد عدم اطمینان در عدد ریسک محاسبه‌شده می‌گردد. در این مطالعه، بر اساس مفهوم CB یک مدل نیمه‌کمّی پیچیده‌تر جهت پیش‌بینی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی تدوین شد.

**روش بررسی:** در ابتدا فهرستی از تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده و تولیدی در واحدهای مختلف پتروشیمی مارون نظیر مواد اولیه، بینابینی، محصولات اصلی و محصولات جانبی تهیه گردید. سپس مجتمع مورد مطالعه به واحدهای کوچک‌تر و هر واحد به فرایندهای کوچک‌تر تقسیم و هر فرایند به وظایف کوچک‌تر دسته‌بندی شد. درنهایت فهرستی از تمام کارکنان مورد مواجهه با مواد شیمیایی در قالب گروه‌های مواجههٔ مشابه (SEG) تهیه گردید. در مطالعهٔ حاضر، با مرور تحقیقات و براساس رویکرد (Control Banding (CB سه فاکتور تأثیرگذار در ریسک مواجههٔ کارکنان با مواد شیمیایی شامل شاخص مخاطرهٔ سلامت (HHI) نشانگر ویژگی‌های سمی ذاتی مواد شیمیایی، شاخص مواجههٔ شغلی با مواد شیمیایی (OEI) با هدف نشان دادن ویژگی‌های مرتبط با شرایط فرایند و خصوصیات مواد و نحوهٔ مواجهه و همچنین شاخص اثربخشی اقدامات کنترلی (CEI) با درنظر گرفتن اقدامات مهندسی و مدیریتی مؤثر بر مواجهه با مواد شیمیایی درنظر گرفته شد. در ادامه براساس روش مذکور ریسک مواجهه با مواد شیمیایی در پتروشیمی مارون مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته ها:** شاخص ریسک مواجهه با مواد شیمیایی (CRI) از حاصل‌ضرب فاکتورهای مؤثر بر مواجهه محاسبه گردید. با توجه به مطالعهٔ دقیق فرایندکاری ۴۹ مادهٔ شیمیایی در واحدهای مختلف شامل واحد پلی‌اتیلن سنگین (HD)، واحد پروپیلن (PP)، واحد الفین (OL)، واحد اکسید اتیلن/ واحد اتیلن گلایکول (EO/EG) و واحد همگانی (UT) شناسایی گردید. براساس یافته های مطالعه، مواجهه با بنزن و ۱ و ۳ بوتادین به‌ترتیب با نمرهٔ ریسک معادل ۲۰/۰۱ و ۱۴/۳۵ به‌علت مخاطرات ذاتی مربوط به این مواد و سایر موارد شامل مدت‌زمان مواجهه و همچنین اثربخشی ضعیف سیستم‌های کنترلی بالاترین عدد ریسک را در واحد HD و در کل مجتمع به‌دست آوردند. همچنین در تمام واحدها به‌علت مدت‌زمان مواجههٔ پایین با مواد شیمیایی، کمترین اعداد ریسک مربوط به گروه‌های مواجههٔ مشابه بوردمن و نیز رئیس و سرپرست واحد گزارش گردید.

**نتیجه گیری:** با توجه به مطالعات انجام‌شده به‌نظر می‌رسد دو روش COSHH و CCTK با توجه به ضعف‌های موجود، یعنی درنظر نگرفتن راهکارهای کنترلی جهت ارزیابی سطح ریسک مواجههٔ کارگران صنایع با فرایند پیچیدهٔ تولید و سناریوهای مواجههٔ متفاوت، ناکارآمد باشند. روش حاضر می تواند به‌عنوان یک ابزار غیرپیچیده و معتبر جهت ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با مواد شیمیایی مورداستفاده قرار گیرد. همچنین با توجه به درنظر گرفتن نقش اقدامات کنترلی و تأثیر آن بر نمرهٔ ریسک، قادر خواهد بود محاسبهٔ دقیق‌تری از شرایط کاری کارکنان در مورد مواجهه با مواد شیمیایی ارائه نماید.

*تعارض منافع: گزارش نشده است.*

*منبع حمایت کننده: معاونت تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.*

**کلیدواژه‌ها**

ارزیابی ریسک مواجهه

مواد شیمیایی

اقدامات کنترلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۸

**شیوه استناد به این مقاله:**

Davood Eskandari, Hasti Borgheipour, Mousa Jabbari Gharabagh, Atefeh Abdpour, Ghazaleh Monazami Tehrani. Development of a technique for semi-quantitative risk assessment of exposure to chemicals. Iran Occupational Health. 2020 (27 Dec);17:68.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

## مقدمه

مواجهۀ کارگران با مواد شیمیایی مخاطره آمیز مختلف در صنایع می تواند سلامت آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. برخی از این مواد با سمیت بالا پتانسیل آسیب بیشتری از سایر مواد شیمیایی دارند. برای مثال برخی مواد فقط سبب بروز حساسیت در چشم و پوست می‌شوند؛ درحالی که مواجهه با برخی مواد می‌تواند جان کارگران را به‌خطر بیندازد. (۱ـ۲) بعضی از اثرات مواجهه با مواد شیمیایی بلافاصله آشکار می‌شود؛ ولی بروز اثرات دیگر ممکن است سال ها به‌طول بینجامد. ضروری است که تمام این اثرات تحت کنترل قرار گیرد. (۱، ۳ـ۴)

به همین دلیل ارزیابی مخاطرات مواجهه با مواد شیمیایی جهت به‌کارگیری استراتژی‌های مناسب کنترلی و به‌دلیل حفاظت از سلامت کارگران از اهمیت بالایی در محیط‌های کاری برخوردار است. تا به امروز چنین ارزیابی هایی اغلب با استفاده از تکنیک های پایش فردی مواجهه با مواد شیمیایی انجام شده است. اما در چند سال اخیر از روش‌های نیمه‌کمّی مانند روش COSHH ارائه‌شده توسط سازمان بهداشت و ایمنی بریتانیا، کیت کنترل مواد شیمیایی (CCTK)[1] پیشنهادی توسط سازمان بین‌المللی کار (ILO)، روش ارزیابی ریسک Rogetox تدوین‌شده در بلژیک و روش ارزیابی نیمه‌کمّی خطر (SQRA)[2] توسعه‌یافته در کشور سنگاپور جهت ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی استفاده شده است. (۵ـ۷) البته نباید فراموش کرد استفاده از استراتژی CB جایگزین رویکرد پایش کمّی نیست؛ بلکه به‌عنوان یک ابزار غربالگری و مفید برای شرکت‌های است که به‌راحتی ریسک‌های ناشی از مواجهه را بر روی کارگران اولویت‌بندی کنند. (۸ـ۹) از طرفی در تمامی شرایط، ارزیابی مواجهۀ شغلی کارگران از طریق پایش مستمر به‌علت پیچیدگی‌های روش‌های صحیح نمونه‌گیری و آنالیز عملی نیست. (۱۰)

اساس هر دو روش COSHH و CCKT دسته‌بندی خطرات ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی براساس پتانسیل خطر بر سلامتی و پتانسیل های مواجهه در گروه های کنترلی (CB) است. در COSHH، تنها از عبارت های ریسک[3] جهت تعیین گروه های خطر مواد شیمیایی استفاده می شود. اما در روش CCTK، علاوه‌بر عبارت ریسک، از گروه های خطر (ارائه‌شده توسط سیستم جهانی هماهنگ‌سازی دسته‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی) نیز برای تعیین ریسک استفاده می گردد. در هر دو روش CCTK و COSHH، به‌منظور تعیین مواجهه با مادۀ شیمیایی به‌طور مشابه مقدار و نیز فراریت آن (برای مایع) یا میزان رسوب (برای جامدات) مورد استفاده قرار می‌گیرد. (۱۱ـ۱۳)

از طرفی در روش های ارزیابی ریسک نیمه‌کمّی مواجهه با مواد شیمیایی عوامل موجود در یک CB باید محدود گردد تا پیچیدگی های آن کاهش یابد و کاربرد آن برای افراد با سطح معلومات و تجربیات مختلف افزایش پیدا کند. اما بیش از حد ساده کردن عوامل تأثیرگذار ممکن است موجب کاهش دقت در هنگام تعیین خطرات شیمیایی گردد. برای مثال درصورت تعیین پتانسیل مخاطرۀ سلامتی مادۀ شیمیایی تنها براساس عبارات خطر و باوجود غلظت‌های مواجهۀ متفاوت درنتیجۀ ریسک مواجهه از محدودۀ معیّنی تجاوز نخواهد کرد. (۱۴ـ۱۵)

روش‌های نیمه‌کمّی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی حاضر مانند روش COSHH، CCTK و روش ارزیابی ریسک کشور سنگاپور جهت محاسبۀ عدد ریسک، بسیاری از پارامترهای تأثیرگذار در مواجهۀ مواد شیمیایی مانند اقدامات کنترلی مهندسی، تجهیزات حفاظت فردی، اقدامات مدیریتی و... را درنظر نمی‌گیرند که این موضوع باعث ایجاد عدم اطمینان در عدد ریسک محاسبه‌شده می‌گردد. در این مطالعه، براساس مفهوم CB یک مدل نیمه‌کمّی پیچیده‌تر جهت پیش‌بینی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی تدوین شد.

همچنین با توجه به الزامات قانونی کشور ازجمله الزامات مرتبط به وزارت نفت و دستورالعمل‌های موجود جهت شناسایی و ارزیابی ریسک مواد شیمیایی و ضعف روش‌های موجود ارزیابی ریسک، نیاز به تدوین تکنیکی جامع‌تر جهت رفع نواقص در روش‌های حاضر احساس می شود. بدین جهت پروژۀ حاضر با هدف تدوین تکنیک ارزیابی ریسک مواجهۀ شغلی با آلاینده‌های شیمیایی در پتروشیمی مارون تعریف و اجرا گردید.

## روش بررسی

با توجه به مطالب مذکور، پژوهش حاضر در پنج گام اصلی انجام شد:

1 . Chemicals Control Tool Kit (CCTK)
2 . Semi Quantitative Risk Assessment (SQRA)
3 . R-phrase



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

**گام اول: شناسایی مواد شیمیایی**

در این مطالعه، تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده یا تولیدی در واحدهای مختلف پتروشیمی مارون نظیر مواد اولیه، بینابینی، محصولات اصلی و محصولات جانبی با توجه به لیست مواد موجود در انبار، صورت موجودی، دفتر ثبت، شناسنامهٔ ایمنی مواد شیمیایی و برچسب ظروف و همچنین بازدید از همهٔ محل های انبار و مصرف مواد شیمیایی مشخص شد. درنهایت لیستی از مواد شیمیایی شناسایی‌شده با توجه به واحدهای مختلف در پتروشیمی موردمطالعه تهیه گردید.

**گام دوم: تجزیهٔ فرایند به وظایف کوچک‌تر**

در گام دوم، تقسیم‌بندی و تجزیهٔ فرایندهای موجود در پتروشیمی مورد مطالعه انجام گرفت. مجتمع به واحدهای کوچک‌تر و هر واحد به فرایندهای کوچک‌تر تقسیم و هر فرایند به وظایف کوچک‌تر دسته‌بندی شد و درنهایت از لیست تمام کارکنان مورد مواجهه با مواد شیمیایی اعم از کارکنان تولید، تعمیر و نگه‌داری تحقیق و توسعه، پیمانکاران و نظافت‌چیان اطمینان حاصل گردید.

**گام سوم: تشکیل گروه‌های مواجههٔ مشابه**

در این تحقیق، گروه‌های مواجههٔ مشابه[1] (SEG) به تفکیک واحدهای مجتمع و وظایف هر گروه کاری در یک شیفت هشت‌ساعته کاری انتخاب شدند.

**گام چهارم: محاسبهٔ شاخص ریسک مواد شیمیایی[2] (CRI)**

براساس مطالعات انجام‌شده، سه فاکتور تأثیرگذار در ریسک مواجههٔ کارکنان با مواد شیمیایی شامل مخاطرات ذاتی ماده با پتانسیل ایجاد پیامدهای نامطلوب بر سلامتی فرد، میزان مواجهه با ماده و البته برخی از فاکتورها مؤثر مانند وجود تهویهٔ ترقیقی یا موضعی، آموزش مناسب، وجود دستورالعمل‌های کاری شفاف، تجهیزات حفاظت فردی و نیز انجام معاینات دوره‌ای اختصاصی است. براساس رابطهٔ ۱، ریسک مواجههٔ افراد ناشی از مواجهه با مواد سمی تابعی از هریک از فاکتورهای مذکور است:

$$CRI = HHI \times OEI \times CEI$$ رابطهٔ (۱)

CRI: شاخص ریسک مواجهه با مواد شیمیایی
HHI: شاخص مخاطرهٔ سلامت
OEI: شاخص مواجههٔ شغلی با مواد شیمیایی
CEI: شاخص اثربخشی اقدامات کنترل

**شاخص مخاطرهٔ سلامت (HHI)**

در این مطالعه، جهت تعیین شاخص مخاطرهٔ سلامت از کد سلامت ارائه‌شده توسط ادارهٔ ایمنی و سلامت شغلی ایالات متحدهٔ امریکا (OSHA) استفاده شده است. این اداره کد سلامت (HC) و پیامد بهداشتی (HE) اثرات مهم مواجهه با مواد شیمیایی را فهرست کرده است. (۱۶) کدهای سلامت در تعیین اینکه آیا نقض یک استاندارد آلایندهٔ هوا جدی است یا خیر، مورد استفاده قرار می گیرد. مقادیر HE از ۱ تا ۲۰ فهرست شده که رتبهٔ ۱ نشان‌دهندهٔ شدیدترین اثرات بهداشتی است و با افزایش رتبه، شدت پیامد کمتر می شود. پیامد اختصاص‌یافته به مواد شیمیایی جهت قابلیت ایجاد مخاطرات بهداشت شغلی، شاخص مخاطرهٔ سلامت نامیده می شود. به‌منظور سازگاری با روش کار، پیامدهای ارائه‌شده توسط OSHA به‌طور معکوس درنظر گرفته شده و اعداد بالا نشان‌دهندهٔ شرایط شدیدتر است. جهت تعیین شاخص مخاطرهٔ سلامت مقدار $(HE\,code)-21$ ورد استفاده قرار می گیرد. برای سازگاری رتبهٔ پیامد اختصاص‌یافته با رتبهٔ دیگر پیامدها مقدار HHI به‌صورت حداقل صفر و حداکثر ۵ مقیاس‌بندی می گردد. براساس رابطهٔ ۲، مقیاس‌بندی با تقسیم مقدار $(HE\,code)-21$ رای هر پیامد بر مقدار رتبهٔ ماکزیمم ۲۰ و سپس ضرب آن در مقیاس ماکزیمم ۵ انجام می گردد. جدول ۱ پیامد سلامت تعیین‌شده برای مواجهه با مواد شیمیایی مختلف را نشان می‌دهد.

$$HHI = \frac{21-(HE\,code)}{20}\times 5$$ رابطهٔ (۲)

**تعیین شاخص مواجههٔ شغلی با مواد شیمیایی[3] (OEI)**

در این مرحله، فعالیت هایی که توسط عملیات نرمال و یا فعالیت های تعمیر و نگه‌داری سبب ورود مواد فرایند به محل کار می شود، شناسایی می‌شود. این مرحله در ارزیابی خطر سلامت شغلی بسیار مهم است؛ چراکه مسیرهای فرایندی مختلف ممکن است فعالیت های

1 . Similar Exposure Group
2 . Chemicals Risk Index
3 . Occupational Exposure Index



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

**جدول ۱ـ** ماتریس رتبه‌بندی پیامد مواجهه با مواد شیمیایی OSHA

| بیماری‌ها | شدت | 21-IIE | پیامد |
|---|---|---|---|
| سرطان ـ درحال حاضر توسط OSHA به‌عنوان سرطان‌زا درنظر گرفته شده است. | IIE 1 | ۲۰ | ۵ |
| سمیت مزمن ـ شناخته‌شده یا مشکوک به سرطان‌زای حیوان و یا انسان، جهش‌زا (به‌جز مواد شیمیایی کد | IIE 2 | ۱۹ | ۴/۸ |
| مسمومیت مزمن ـ سمیت سیستمی بلندمدت غیر از عصبی، تنفسی، خونی یا تولیدمثلی | IIE 3 | ۱۸ | ۴/۵ |
| مسمومیت حاد ـ اثرات دارای ریسک بالای کوتاه‌مدت | IIE 4 | ۱۷ | ۴/۳ |
| خطرات باروری ـ تراتوژن یا دیگر اختلالات باروری | IIE 5 | ۱۶ | ۴/۰ |
| اختلالات سیستم عصبی ـ مهار کولین استراز | IIE 6 | ۱۵ | ۳/۸ |
| اختلالات سیستم عصبی ـ اثرات سیستم عصبی غیر از نارکوزیس | IIE 7 | ۱۴ | ۳/۵ |
| اختلالات سیستم عصبی ـ نارکوزیس | IIE 8 | ۱۳ | ۳/۳ |
| اثرات تنفسی غیر از تحریک ـ حساسیت تنفسی (آسم یا سایر) | IIE 9 | ۱۲ | ۳/۰ |
| اثرات تنفسی غیر از تحریک ـ آسیب تجمعی ریه | IIE 10 | ۱۱ | ۲/۸ |
| اثرات تنفسی ـ آسیب حاد ریه/ ادم یا موارد دیگر | IIE 11 | ۱۰ | ۲/۵ |
| اختلالات خونی ـ کم‌خونی | IIE 12 | ۹ | ۲/۳ |
| اختلالات خونی ـ متهموگلوبینمی | IIE 13 | ۸ | ۲/۰ |
| التهاب: چشم‌ها، بینی، گلو، پوست ـ قابل توجه | IIE 14 | ۷ | ۱/۸ |
| التهاب: چشم‌ها، بینی، گلو، پوست ـ متوسط | IIE 15 | ۶ | ۱/۵ |
| التهاب: چشم‌ها، بینی، گلو، پوست ـ ملایم | IIE 16 | ۵ | ۱/۳ |
| خفه‌کننده ـ کم‌اکسیژنی | IIE 17 | ۴ | ۱/۰ |
| مواد منفجره، قابل اشتعال، ایمنی (بدون عوارض جانبی هنگام ضبطوربط مناسب) | IIE 18 | ۳ | ۰/۸ |
| به‌طور کلی اثرات سلامت با ریسک کم ـ ذرات، بخارات و گازها | IIE 19 | ۲ | ۰/۵ |
| به‌طور کلی اثرات سلامت با ریسک کم ـ بوها | IIE 20 | ۱ | ۰/۳ |

**جدول ۲ـ** پیامدها برای فعالیتها یا عملیاتها

| فعالیت‌ها | عملیات | پیامد |
|---|---|---|
| نحوهٔ انتقال مواد | لوله | ۱ |
| | کیسه | ۲ |
| | درام | ۳ |
| | ارتعاش | ۴ |
| نوع فرایند | پیوسته | ۱ |
| | نیمه‌پیوسته/ نیمه بسته | ۲ |
| | بسته | ۳ |

مختلفی را شامل شود؛ درنتیجه کارکنان با فرکانس و مقادیر متغیری در معرض مواجهه با مواد شیمیایی قرار خواهند گرفت. برای این منظور از ارزیابی، برای هر فعالیت پیامدی اختصاص داده می شود. پیامد بیشتر نشان‌دهندهٔ مخاطرهٔ بالاتر ناشی از فعالیت است.

پیامدها براساس احتمال انتشار ایجادشده توسط فعالیت ها یا شرایط فرایند تعیین شده‌اند. هرچه احتمال انتشار بالاتر باشد، پیامد ناشی از این انتشار بالاتر خواهد بود. فعالیت ها براساس نوع عملیات فرایند در جدول ۲ نشان داده شده است.

شرایط مخاطره آمیز می تواند به‌صورت بالقوه به‌عنوان نتیجه ای از خواص فیزیکی و شیمیایی ذاتی مواد به‌وجود آید. به‌طور مشابه برای فعالیت ها و شرایط فرایند، خصوصیات مواد نیز ممکن است براساس شدت آن‌ها پیامدهای نامطلوبی داشته باشد. شرایط فرایند، خواص مواد و پیامد آن‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

فاکتور مؤثر دیگر در شاخص مواجهه مدت‌زمانی است که کارگر در معرض مواجهه با مادهٔ شیمیایی قرار گرفته است. طول مدت مواجهه به سه دسته تقسیم شده است. کمتر از ۲ ساعت، ۲ تا ۴ ساعت، ۴ ساعت و بیشتر با نرخ ED به‌ترتیب ۰/۰۳ ، ۰/۰۶ و ۱ (جدول ۴).

مجموع پیامدها برای فعالیت ها (AP) از جدول ۲ و



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

**جدول ۳ـ** پیامد شرایط فرایند و خصوصیات مواد و نحوهٔ مواجهه

| شرایط | محدوده | پیامد |
|---|---|---|
| دما (°C) | پایین | ۰ |
| | بالا (>۹۲°C) | ۱ |
| فشار (atm) | پایین | ۰ |
| | بالا (>۶۸ atm) | ۱ |
| قابلیت رسوب | خیر | ۰ |
| | بله | ۱ |
| قابلیت خوردگی | خیر | ۰ |
| | بله | ۱ |
| انحلال‌پذیری | خیر | ۰ |
| | بله | ۱ |
| حالت مواد | مایع | ۰ |
| | دوغاب | ۱ |
| | گرانول | ۲ |
| | پودر | ۳ |
| | گاز | ۴ |

مجموع پیامدها برای شرایط و خواص و نحوهٔ مواجهه (CP) از جدول ۳ و مدت‌زمان مواجهه (ED) از جدول ۴ مشخص می‌شود. (۱۷) سپس براساس رابطهٔ ۳، از جمع این سه فاکتور شاخص مواجهه شغلی (OEI) تعیین می گردد:

رابطه (۳) $OEI = AP + CP + ED$

### ۲-۴-۳ شاخص اثربخشی اقدامات کنترلی (CEI)

شاخص اثربخشی اقدامات کنترلی[1] (CEI)، شامل ۲ فاکتور است: شاخص مدیریتی (MI) و شاخص حفاظتی (PI). گستره MI بر اساس تعداد اقدامات مدیریتی انجام‌شده در محل کار تعیین می گردد (۱۸). چهار اقدام مدیریتی جهت رتبه‌بندی MI در نظر گرفته‌شده که شامل دسترسی به کارکنان ایمنی و بهداشت، برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی (MSDS)، استفاده از رویه های عملیاتی استاندارد (SOP) و وجود برنامه‌های آموزشی جهت کار با مواد خطرناک است. جدول ۵ محدوده‌های پیشنهادی برای تعیین MI بر اساس تعداد اقدامات مدیریتی اعمال‌شده در محل کار را نشان می دهد. در این جدول MI در محدوده ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۰/۹۰ به ترتیب متناظر با تعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ مورد از اقدامات مدیریتی انجام‌شده است.

PI نشان‌دهنده اثربخشی استراتژی‌های کنترل مهندسی و اداری در محل کار است. برای کنترل مهندسی هر دو نوع تهویه موضعی و محصور به‌عنوان مؤلفه کنترل مهندسی مؤثر (EEe) و تهویه عمومی به‌عنوان مؤلفه کنترل مهندسی نسبتاً مؤثر (EEP) در نظر گرفته شد. در صورت اجرا نشدن هیچ‌یک از کنترل‌های مهندسی فوق در محل کنترل مهندسی به‌صورت EEn نمایش داده خواهد شد. در مورد کنترل های اداری تنها استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) در نظر گرفته شد. محل‌های کار دارای PPE مناسب کارگران تحت عنوان PPEe و در صورت عدم دسترسی به این تجهیزات علامت PPEn نمایش داده خواهد شد. جدول ۵ محدوده‌های PI را براساس ترکیب مؤلفه‌های کنترل مهندسی (EEe، EEP، EEn) و اداری (PPEe و PPEn) نشان می‌دهد. دراصل مقادیر بالاتر PI نشان‌دهندهٔ پایین بودن شاخص اثربخشی اقدامات کنترلی است و کمتر بودن احتمال مواجهه را نشان می‌دهد که با رابطهٔ زیر می‌توان CEI را محاسبه کرد:

رابطهٔ (۴) $CEI = (1 - MI \times PI)$

1 . Protection Efficiency Index



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

**جدول ٤ـ** مدت‌زمان مواجهه

| مدت مواجهه | (ED) |
|---|---|
| ED<۲ ساعت | ۰/۳ |
| ۲ساعت≤ < ED ۴ ساعت | ۰/۶ |
| ED ۴ ساعت ≥ | ۱ |

**جدول ٥ـ** اقدامات کنترلی براساس اقدامات مدیریت

| تعداد اقدامات مدیریتی | ضریب |
|---|---|
| N=0 | ۰/۰۰ |
| N=1 | ۰/۲۵ |
| N=2 | ۰/۵۰ |
| N=3 | ۰/۷۵ |
| N=4 | ۰/۹۰ |

**جدول ٦ـ** اقدامات کنترلی براساس اقدامات مهندسی

| تعداد اقدامات مهندسی | ضریب |
|---|---|
| $EE_{ا}+PPE_{ا}$ | ۰/۰۰ |
| $EE_{ا}+PPE_{ب}$ | ۰/۲۰ |
| $EE_{ا}+PPE_{ا}$ | ۰/۳۰ |
| $EE_{ا}+PPE_{ب}$ | ۰/۵۰ |
| $EE_{ب}+PPE_{ا}$ | ۰/۸۰ |
| $EE_{ب}+PPE_{ب}$ | ۰/۹۰ |

## نتایج

جهت ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی براساس روش تدوین‌شده، در ابتدا با مطالعهٔ دقیق فرایند کاری لیستی از تمامی مواد شیمیایی موجود در پتروشیمی مارون تهیه گردید. در این مرحله، ۴۹ مادهٔ شیمیایی در واحدهای مختلف شامل واحد پلی‌اتیلن سنگین (HD)، واحد پروپیلن (PP)، واحد الفین (OL)، واحد اکسید اتیلن/ واحد اتیلن گلایکول (EO/EG) و واحد همگانی (UT) شناسایی شد. جهت خلاصه‌سازی نتایج به‌دست‌آمده اطلاعات مربوط به واحد EO/EG به‌عنوان نمونهٔ مطالعاتی به‌تفصیل در ادامه بحث شده است.

به‌تفکیک واحدها، گروه‌های مواجههٔ مشابه (SEG) و نیز تعداد کارکنان در هریک از SEG، مواجههٔ افراد شاغل در واحد با مواد شیمیایی و مدت‌زمان مواجهه برای هریک از گروه‌های مواجههٔ مشابه شناسایی‌شده مشخص گردید. نتایج مربوط به اطلاعات به این افراد در واحد EO/EG در جدول ۷ ارائه شده است.

در واحد مذکور براساس شباهت فعالیت ها و نیز مواجههٔ شغلی با مواد شیمیایی، تعداد ۶ گروه مواجههٔ مشابه شامل سایت من، بورد من، سمپل من، رئیس واحد و معاون و سرپرست، خدمات سایت (نظافتچی) و کارمندان اداری شناسایی گردید. با توجه به انتخاب بدترین سناریو و احتمال مواجههٔ تنفسی کل افراد شاغل با مواد شیمیایی در آن واحد، مواجههٔ گروه‌های شغلی با تمامی مواد شیمیایی موجود درنظر گرفته شد.

در واحد EO/EG تعداد ۱۷ مادهٔ شیمیایی شناسایی شد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به اتیلن گلایکول، دی اتیلن گلایکول، تری اتیلن گلایکول، اتیل کلراید، OPTISPERSEHP 5465 و CORTROLOS 778 اشاره کرد.

جهت ارزیابی ریسک مواد شناسایی‌شده، ابتدا شاخص مخاطرهٔ سلامت برای مواد شیمیایی براساس کد سلامت OSHA تعیین گردید. برپایهٔ نتایج به‌دست‌آمده در واحد EO/EG، مادهٔ شیمیایی CORTROLOS7780 و دی اتیلن گلایکول با کسب شاخص HHI معادل با ۴/۳ و ۳/۵ به‌ترتیب بالاترین رتبه را از نظر مخاطرات سلامت به‌دست آوردند. همچنین موادی مانند نیتروژن و متان به‌واسطهٔ مخاطرات سمیت ضعیف ذاتی خود، پایین‌ترین ضریب HHI را کسب کردند. در این واحد مادهٔ شیمیایی کربنات پتاسیم با توجه به نوع فرایند، خواص و مدت‌زمان مواجهه، بیشترین ضریب مربوط به شاخص مواجههٔ شغلی را به خود اختصاص داد. شاخص OEI برای این ماده در گروه کاری سایت من معادل ۱۱/۶ محاسبه گردید. در این واحد مواد شیمیایی مانند آمونیاک و اتیلن گلایکول با کسب شاخص OEI برابر۶/۶ رتبه های بعدی را از نظر میزان مواجهه با مواد شیمیایی کسب کردند. همچنین از نظر وجود و اثربخشی اقدامات کنترلی انجام‌شده در این واحد، گروه کاری خدمات سایت پایین‌ترین ضریب مربوط به اعمال اقدامات کنترلی شامل ضریب MI و PI به‌ترتیب معادل ۰/۲۵ و ۰/۵ را کسب کرد.

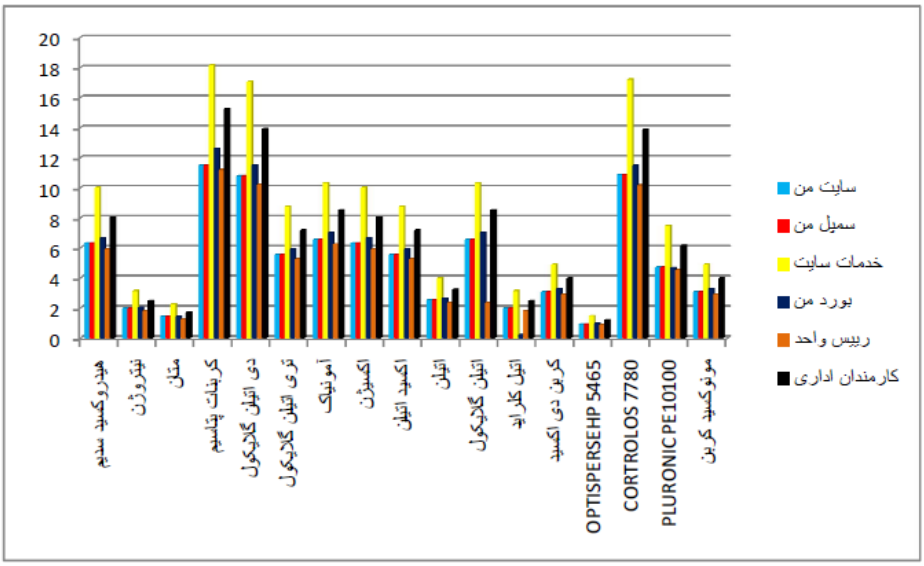
براساس نتایج به‌دست‌آمده در نمودار ۱ در واحد اکسید اتیلن/ اتیلن گلایکول (EO/EG) بیشترین ریسک مواجهه در یک شیفت کاری ۸ ساعت کاری مربوط به مواجهه با مادهٔ شیمیایی کربنات پتاسیم، CORTROLOS 7780 و دی اتیلن گلایکول با عدد ریسک به‌ترتیب معادل ۱۱/۴۸، ۱۰/۸۷ و ۱۰/۷۸ در گروه کاری خدمات سایت بود.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

**جدول ۷ـ** اطلاعات مربوط به گروه‌های مواجههٔ مشابه شناسایی‌شده در واحد

| ردیف | گروه مواجههٔ مشابه | تعداد | نام واحد | مادهٔ مورد مواجهه | میزان مواجهه در روز (ساعت) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | سایت من | ۵ | EO/EG | هیدروکسید سدیم، مونوکسید کربن، نیتروژن، متان، کربنات پتاسیم، دی اتیلن گلایکول، تری اتیلن گلایکول، آمونیاک، اکسیژن، اکسید اتیلن، اتیلن، اتیلن گلایکول، اتیل کلراید، OPTISPERSEHP ،PLURONIC PE10100، 5465 CORTROLOS 7780، دی اکسید کربن | ۴ |
| ۲ | بورد من | ۵ | | | ۱ |
| ۳ | سمپل من | ۲ | | | ۳ |
| ۴ | رئیس واحد و معاون و سرپرست | ۴ | | | ۱ |
| ۵ | خدمات سایت | ۲ | | | ۲ |
| ۶ | کارمندان اداری | ۵ | | | ۱ |




**شکل ۱ـ** عدد ریسک گروه های مواجهه مشاب

شایان ذکر است در واحد PP مواجهه با کلسیم استئارات و اتیلن گلایکول در گروه خدمات سایت و سایت من، در واحد UT مواجهه با مواد شیمیایی مانند در اتیل هیدروکسیل آمین و سدیم هیپوکلریت در گروه کاری سایت من و نیز مواجهه با سدیم متا بی سولفیت و هیدروکسید سدیم بالاترین ریسک را داشتند. همچنین مواجهه با بنزن و ۱ و ۳ بوتادین به‌ترتیب با کسب عدد ریسک معادل ۲۰/۰۱ و ۱۴/۳۵ به‌دلیل مخاطرات ذاتی مربوط به این مواد و سایر موارد شامل مدت‌زمان مواجهه و اثربخشی ضعیف سیستم‌های کنترلی بالاترین عدد ریسک در واحد HD و در کل مجتمع را به‌دست آوردند.

از طرفی در تمامی واحدها به‌علت مدت‌زمان مواجههٔ پایین با مواد شیمیایی کمترین اعداد ریسک مربوط به گروه‌های مواجههٔ مشابه بوردمن و رئیس و سرپرست واحد گزارش گردید.

## بحث

در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه، ۴۹ ماده شناسایی شد که پس از بررسی مخاطرات ذاتی مواد مربوط به سمیت و همچنین میزان مواجهه با این مواد در غالب گروه‌های مشابه مواجهه و نیز میزان به‌کارگیری اقدامات کنترلی اعم از اقدامات مهندسی، مدیریتی و نیز به‌کارگیری تجهیزات حفاظتی مشخص گردید مواجهه با مادهٔ شیمیایی بنزن در گروه کاری خدمات سایت و نیز مواجهه با Amber jet در واحد همگانی کمترین ریسک مواجهه را برای کارکنان شاغل در این واحد صنعتی ایجاد می‌کنند.

نکتهٔ قابل توجه در این مطالعه مواجههٔ کارکنان خدمات



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

**جدول ۸ـ** گروه سایت من در واحد اکسید اتیلن/ اتیلن گلایکول (EO/EG)

| گروه مشابه مواجهه | مادهٔ شیمیایی | شاخص مخاطرهٔ سلامت | | شاخص مواجههٔ شغلی | | | | شاخص اثربخشی کنترل | | | ریسک مواجهه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | HE | HHI | *AP* | *CP* | *ED* | OEI | MI | PI | CEI | |
| سایت من | هیدروکسید سدیم | ۱۱ | ۲/۵ | ۲ | ۲ | | ۴/۶ | | | | ۶/۳۲ |
| | نیتروژن | ۱۷ | ۱/۰ | ۲ | ۱ | | ۳/۶ | | | | ۱/۹۸ |
| | متان | ۱۷ | ۱/۰ | ۲ | ۰ | | ۲/۶ | | | | ۱/۴۳ |
| | کربنات پتاسیم | ۱۴ | ۱/۸ | ۴ | ۷ | | ۱۱/۶ | | | | ۱۱/۴۸ |
| | دی اتیلن گلایکول | ۷ | ۳/۵ | ۲ | ۳ | | ۵/۶ | | | | ۱۰/۷۸ |
| | تری اتیلن گلایکول | ۱۴ | ۱/۸ | ۲ | ۳ | | ۵/۶ | | | | ۵/۵۴ |
| | آمونیاک | ۱۴ | ۱/۸ | ۲ | ۴ | | ۶/۶ | | | | ۶/۵۳ |
| | اکسیژن | ۱۱ | ۲/۵ | ۲ | ۲ | | ۴/۶ | | | | ۶/۳۲ |
| | اکسید اتیلن | ۱۴ | ۱/۸ | ۲ | ۳ | ۰/۶ | ۵/۶ | ۰/۹۰ | ۰/۵۰ | ۰/۵۵ | ۵/۵۴ |
| | اتیلن | ۱۷ | ۱/۰ | ۲ | ۲ | | ۴/۶ | | | | ۲/۵۳ |
| | اتیلن گلایکول | ۱۴ | ۱/۸ | ۲ | ۴ | | ۶/۶ | | | | ۶/۵۳ |
| | اتیل کلراید | ۱۷ | ۰/۱ | ۲ | ۱ | | ۳/۶ | | | | ۱/۹۸ |
| | کربن دی اکسید | ۱۷ | ۱/۰ | ۲ | ۳ | | ۵/۶ | | | | ۳/۰۸ |
| | OPTISPERSEHP 5465 | ۲۰ | ۰/۳ | ۳ | ۲ | | ۵/۶ | | | | ۰/۹۲ |
| | CORTROLOS 7780 | ۴ | ۴/۳ | ۲ | ۲ | | ۴/۶ | | | | ۱۰/۸۷ |
| | PLURONIC PE10100 | ۱۶ | ۱/۳ | ۲ | ۴ | | ۶/۶ | | | | ۴/۷۱ |
| | مونوکسید کربن | ۱۷ | ۱/۰ | ۳ | ۲ | | ۵/۶ | | | | ۳/۰۸ |

سایت است که در بسیاری از پژوهش‌ها این گروه کاری، به‌علت غیرمرتبط بودن فعالیت آن‌ها به فرایند کاری، اغلب نادیده گرفته می‌شود. در مطالعهٔ حاضر مشخص گردید به‌علت نادیده‌گیری این گروه از ملاحظات مربوط به اقدامات کنترلی مانند آموزش، استفاده از تجهیزات مناسب و... ریسک محاسبه‌شده در این گروه بیشتر از سایر گروه‌های کاری است. این درحالی است که مطالعات مشابهی نیز به مواجهه‌های این گروه شغلی با مواد شیمیایی تأکید دارند. (۱۹ـ۲۱)

شایان ذکر است اگرچه مدل ارزیابی ریسک نیمه‌کمّی تدوین‌شده مبتنی بر مفهوم CB است، در این مدل سعی شده از فاکتورهای پیچیده تری جهت بازتاب سمیت و پتانسیل قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی کارگران نسبت به مدل های مورد استفاده درحال حاضر مانند COSHH و روش پیشنهادی کشور سنگاپور استفاده گردد. (۶، ۲۲) از همه مهم‌تر، اقدامات حفاظتی کارگران (مانند تعداد اقدامات مدیریتی، اثربخشی اقدامات کنترل مهندسی و استفاده از تجهیزات محافظ فردی و غیره) در مدل مذکور در نظر گرفته شده است. برخلاف روش‌های مرسوم، در این روش به اقدامات کنترلی تأثیرگذار در ریسک توجه بیشتری شده است که سبب افزایش دقت این مدل نسبت به سایر روش‌های ارائه‌شده جهت ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی در محیط کار می‌شود.

از نظر تئوریکی، استفاده از ابزارآلات کنترلی مؤثر و



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

یا تجهیزات ایمنی شخصی (PPE) بر پتانسیل ریسک مؤثر است. (۲۳) بنابراین فقط درنظر گرفتن مقدار مادهٔ مورد استفاده و مخاطرات خاص مادهٔ شیمیایی مشخصاً به‌منظور ارزیابی پتانسیل ذاتی مواجههٔ کارکنان کافی نیست. به همین دلیل تناقضات قابل توجهی بین ریسک پیش‌بینی‌شده توسط روش‌های مرسوم مبتنی بر CB و نتایج پایش بلندمدت نیز مشاهده شده است. (۲۴ـ۲۵) بی‌توجهی به برخی فاکتورها در مطالعهٔ هاشیموتو و همکاران سطح ریسک پیش‌بینی‌شده توسط روش COSHH منجر به ایجاد یک قضاوت ایمن کاذب گردید. (۲۶) که در این مطالعه سعی شد این فاکتورها شناسایی شود و درنتیجه محاسبهٔ ریسک با دقت بیشتری انجام گردد. همچنین تیسچر و همکاران دریافتند که سطح مطابقت داده‌های اندازه‌گیری و گسترهٔ پیش‌بینی‌شده توسط روش های CB تنها برای فاز جامد (پودر، گردوغبار) منطقی به‌نظر می‌رسد. (۲۵) شایان ذکر است با توجه به مطالعات انجام‌شده به‌نظر می‌رسد دو روش COSHH و CCTK با توجه به ضعف‌های موجود جهت ارزیابی سطح ریسک مواجههٔ کارگران صنایع با فرایند پیچیدهٔ تولید و سناریوهای مواجههٔ متفاوت، ناکارآمد باشند. در تحقیق حاضر، براساس مفهوم CB یک مدل نیمه‌کمّی پیچیده‌تر برای پیش‌بینی ریسک مواجهه پیشنهاد و درنهایت ریسک مواجهه با مواد شیمیایی برای استفاده‌کنندگان مشخص و اقدامات لازم جهت حفاظت کارکنان دربرابر مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز پیشنهاد گردید.

به هر حال، لازم است ذکر شود که مدل پیشنهادی ریسک های مرتبط به مواجهه های تنفسی حاصل از گازها و ذرات را رتبه بندی می کند و جهت ارزیابی مواجههٔ پوستی کارگران دقت کافی را ندارد. علاوه‌بر این، مدل موجود اثرات حاد و مزمن مواد شیمیایی در معرض را از هم تفکیک نمی کند و فرض بر این است که وجود اثرات سینرژیک حاصل از مواجهه با مواد شیمیایی گوناگون و سرطان زاها به روشی ساده بررسی می شود. بنابراین از مدل پیشنهادی باید با احتیاط استفاده شود. سرانجام مدل پیشنهادی فقط می تواند با ماهیت نیمه‌کمّی درنظر گرفته شود و اعتبارسنجی بیشتر از طریق مقایسه با نتایج پایش مواجههٔ کمّی به‌منظور افزایش کارایی پیش‌بینی کنندهٔ آن مورد نیاز است.

## نتیجه گیری

در این مطالعه، براساس روش ارزیابی ریسک ارائه‌شده در کشور تایوان، ریسک مواجهه با مواد شیمیایی برای استفاده‌کنندگان مشخص شد و اقدامات لازم جهت حفاظت پرسنل دربرابر مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز پیشنهاد گردید. همچنین براساس مفهوم CB، یک مدل نیمه‌کمّی پیچیده‌تر برای پیش‌بینی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی تدوین شد.

## تشکر و قدردانی

از حمایت تمام پرسنل محترم ایمنی و بهداشت مجتمع پتروشیمی مارون و نیز کارگران زحمتکش که همکاری مؤثری در این تحقیق داشتند، سپاس‌گزاری می‌کنیم.

## References

1. Winder C, Stacey NH. Occupational toxicology: CRC press; 2004.
2. Roberts SM, James RC, Williams PL. Principles of toxicology: environmental and industrial applications: John Wiley & Sons; 2014.
3. Clayton GD, Clayton FE. Patty's industrial hygiene and toxicology. Vol. 2A. Toxicology: John Wiley & Sons, Inc., Baffins Lane, Chichester, Sussex PO19 1DU; 1981.
4. Timbrell J. Introduction to toxicology: CRC Press; 2001.
5. Balsat A, De Graeve J, Mairiaux P. A structured strategy for assessing chemical risks, suitable for small and medium-sized enterprises. Annals of occupational hygiene. 2003; 47(7): 549-56.
6. Zalk DM, Nelson DI. History and evolution of control banding: a review. Journal of occupational and environmental hygiene. 2008; 5(5): 330-46.
7. Jahangiri M, Motovagheh M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. 2011.
8. Money C, Bailey S, Smith M, Hay A, Hudspith B, Tolley D, et al. Evaluation of the utility and reliability of COSHH Essentials. The Annals of occupational hygiene. 2006; 50(6): 642-4.
9. Robichaud CO, Tanzil D, Weilenmann U, Wiesner MR. Relative risk analysis of several manufactured nanomaterials: An insurance industry context. Environmental Science & Technology. 2005;39(22):8985-94.
10. Awadalla MS, Lu T-F, Tian ZF, Dally B. CFD modeling of 3D indoor gas contaminant plumes for testing search algorithms of mobile robot. Gas. 2012; 2(S5): S6.
11. (HSE) HaSE. The Technical Basis for COSHH Essentials: Easy Steps to Control Chemicals London,



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

UK: Health and Safety Executive (HSE) 1999.
12.(ILO) ILO. Draft ILO International Chemical Control Kit; International Labour Organization Geneva, Switzerland: International Labour Organization (ILO) 2006.
13. Russell R, Maidment S, Brooke I, Topping M. An introduction to a UK scheme to help small firms control health risks from chemicals. The Annals of occupational hygiene. 1998; 42(6): 367-76.
14. Maidment SC. Occupational hygiene considerations in the development of a structured approach to select chemical control strategies. The Annals of occupational hygiene. 1998; 42(6): 391-400.
15. 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-Medical Journal. 2019. (In Press)
16. US Department of Labor OS, Administration H. OSHA Instruction CPL 2.45 B. USDOL OSHA Washington, DC; 1989.
17. Hassim M, Edwards D. Development of a methodology for assessing inherent occupational health hazards. Process Safety and Environmental Protection. 2006; 84(5): 378-90.
18. Wang S-M, Wu T-N, Juang Y-J, Dai Y-T, Tsai P-J, Chen C-Y. Developing a semi-quantitative occupational risk prediction model for chemical exposures and its application to a national chemical exposure databank. International journal of environmental research and public health. 2013; 10(8): 3157-71.
19. Golbabaie F, Eskandari D, Azari M, Jahangiri M, Rahimi A, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. Iran occupational health. 2012; 9(3).
20. Schep LJ. Toxicological Profiles of Chemicals of Concern at Mapua.
21. Jahangiri M, Parsarad A. Determination of hazard distance of chemical release in a petrochemical industry by chemical exposure index (CEI). Iran Occupational Health. 2010; 7(3): 55-62.
22. Garrod A, Evans P, Davy C. Risk management measures for chemicals: the "COSHH essentials" approach. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology. 2007; 17(S1): S48.
23. Eskandari D, Jafari MJ, Mehrabi Y, Kian MP, Charkhand H, Mirghotbi M. A qualitative study on organizational factors affecting occupational accidents. Iranian journal of public health. 2017; 46(3): 380.
24. Jones RM, Nicas M. Margins of safety provided by COSHH Essentials and the ILO Chemical Control Toolkit. Annals of Occupational Hygiene. 2005; 50(2): 149-56.
25. TISCHER M, Bredendiek-Kämper S, Poppek U. Evaluation of the HSE COSHH Essentials exposure predictive model on the basis of BAuA field studies and existing substances exposure data. Annals of occupational Hygiene. 2003; 47(7): 557-69.
26. Hashimoto H, Goto T, Nakachi N, Suzuki H, Takebayashi T, Kajiki S, et al. Evaluation of the control banding method-comparison with measurement-based comprehensive risk assessment. Journal of occupational health. 2007; 49(6): 482-92.

[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]