Iran Occupational Health

Iran Occupational Health. 2026 (01 Mar);23: 6

Original Article

http://ioh.iums.ac.ir

Development of an Index for Classifying Process Units by Probability of Major Accidents: A Case Study in a Petrochemical Plant

Maryam Ashouri, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Davoud Eskandari , (*Corresponding author), Environmental and Occupational Hazards Control Research Center, Research Institute for Health Sciences and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran. eskandari.d@skums.ac.ir

Alireza Haji Ghasemkhan, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Fereydoon laal, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran.

Abstract

Background and aims: Developing methods to reduce or control hazards in chemical industries is essential. According to the literature, no study has classified process units by the probability of major accidents using a combined metric incorporating the Inherent Safety Index (ISI) and the Emergency Management Plan (EMP). This study aimed to develop a single index that integrates ISI and EMP to classify units or process sites according to their likelihood of major accidents.

Methods: After developing the new index (expressed as equation A/B), hazards associated with process units were quantified using the ISI (parameter A). The Emergency Management Plan was evaluated quantitatively (parameter B) based on guidelines adapted from the Iranian Ministry of Petroleum and OSHA standards. The developed A/B index was then calculated for production units in a petrochemical plant to assess the index's applicability..

Results: Using the ISI and EMP indicators, we developed a new index to classify different units within an industry or adjacent industries according to their probability of major accidents. The index was calculated for several units in a petrochemical plant: benzene–toluene unit (0.82), xylene unit (0.76), and phthalic anhydride unit (0.73).

Conclusion: We propose a novel, relatively comprehensive index for classifying process sites by the probability of major accidents. This index helps identify overall hazards of process units and supports their prioritization and classification. By enabling comparison and ranking of neighboring industries or different units within a facility, the index offers HSE managers and supervisors a practical tool for planning control measures and improvements.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Keywords

Inherent Safety Index (ISI)

Emergency Management Plan (EMP)

Process industries

Received: 2025/07/28

Accepted : 2026/02/22

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Chemical, oil, gas, and petrochemical industries play a vital and undeniable role in the world economy, and consequently in the Iranian industry. These industries are classified as critical industries in terms of safety issues. These industries are considered accident-prone due to the existence of a wide range of hazardous materials and operations at high temperatures and pressures. These factors have made it necessary to develop methods to reduce or control risks associated with chemical industries. Currently, several quantitative and qualitative methods have been proposed and developed for hazard identification and risk assessment. Risk identification is a process that aims to discover and identify hazards, including hazardous sources, potential incidents, etc. Therefore, reducing the severity and likelihood of hazards should be considered to create a safe work environment. Hazard identification is the most important step because hidden hazards lead to neglect of conditions. Therefore, it is essential to allocate sufficient resources to this step to ensure comprehensiveness. There are various techniques available for conducting safety analysis, some of which have gained international recognition and validation while others are not commonly employed within companies. These methods require different information and are suitable for various stages of process development, design, and operation. Risk indicators are one of the most important of these approaches. The Inherent Safety Index (ISI), Chemical Exposure Index (CEI), Safety Weighted Hazard Index (SWeHI), and Fire and Explosion Index (Mond) are the most important and widely used hazard indices. Hazard indices are relatively simple and comprehensive methods to identify hazards and estimate the overall hazard of process units. These approaches do not require a high level of expertise or detailed process information and produce reliable results with quantitative analysis and easy interpretation. Also, multiple protective layers act as one of the important and effective factors in reducing the consequences and hazard index score in industrial sites. The Emergency Management Plan (EMP) is mainly designed to organize and improve the organization's preparedness against unwanted and uncontrollable conditions and as a last level of protection. Process industries have a high potential for industrial accidents due to the high volume of different chemicals. The large number of employees working in these environments and the proximity to residential areas increase the importance of implementing EMP and promoting employees' awareness of this plan. Emergency management includes taking appropriate and predetermined emergency measures to respond effectively in these situations. Also, according to the available studies, no study has been done in this field by combining the two parameters of ISI and EMP to design and classify processes. Therefore, the new index enables experts to identify more dangerous industries and units than low-risk units in an industrial complex.

METHODOLOGY

Phase 1. Creating an A/B index by literature review and SWeHI methods

This index is designed to identify places prone to major accidents in this field. Therefore, in this study, a new and systematic index is presented for risk assessment by encapsulating different parameters similar to the SWeHI method parameters. The basis for designing this index is found in Equation 1.

$$\text{Classification index of sites prone to major accidents} = \frac{A}{B} \quad (1)$$

Where A represents the value quantitatively proportional to the units' hazards, while B is an indicator of the status of the EMP. In the following sections, the details of A and B parameters have been presented in Phases 2 and 3.

Phase 2. Determining the A (ISI) Index

Chemical ISI was used to identify the hazards of the units. The ISI is significant for both main reactions and side reactions that occur in the unit. The unintentional chemical reactions that can take place among the chemicals in the industrial unit are also examined. The total ISI itself is grouped into two main categories, namely the Chemical (ICI) and Process (IPI) ISI. The first parameter deals with the risks related to the chemical properties of materials in the process. It consists of sub-indices for the main and side reaction heat, chemical interactions, flammability, explosion, toxicity, and corrosiveness. The latter includes the sub-indices of the material inventory, process temperature, process pressure, equipment safety, and safe process structure.

The Total Inherent Index (I_{TI}) or ISI is the sum of the scores of the I_{CI} and I_{PI} as per Equations 2 and 3.

$$I_{TI} = I_{CI} + I_{PI} \quad (2)$$

$$I_{CI=}I_{(RM.MAX)} + I_{(RS.MAX)} + I_{(INT.MAX)} + I_{(FL+EX+TOX)} + I_{COR.MAX} \quad (3)$$

$$I_{PI=}I_{I} + I_{T.MAX} + I_{P.MAX} + I_{EQ.MAX} + I_{ST.MAX} \quad (4)$$

Phase 3. Determining the B (EMP) Index

In this phase, a quantitative evaluation of the emergencies was made in instructions No. MOP-HSED-IN-203(0) on the emergency response plan, MOP-HSED-GL-204(1) on the management of emergencies in the petroleum industry developed by Iran's Ministry of Petroleum, and the OSHA standard by using observation, interview, and audit methods.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

The instruction was developed to explain the requirements of response in emergencies to realize the goals of work procedure standardization, human error minimization, and employee safety maintenance during emergencies. This instruction is designed to create an integrated framework for planning, organizing, and implementing the emergency management system in the main and subsidiary companies and oil industry facilities. It can also effectively manage and control emergencies and minimize casualties, financial losses, and environmental and health effects. Finally, the audit instruction on the emergency management plan was designed and compiled under 10 main headings, including risk assessment, training, maneuvers, preparedness assessment, emergency committee, notification of emergencies, coordination and communication with external sources, actions, and how to deal with emergencies, emergency accident report, and the cleanup of the accident site. These sub-indices were rated by a five-point scale ranging from 0 to 5, with the total score being 50 for all the items.

Phase 4. Calculation of the A/B index for each unit

At this stage, a case study was planned to validate and implement the index designed in one of Iran's petrochemical industries. Therefore, a petrochemical complex was selected for its applicability potential. This selected industry is known as one of the first producers of aromatic products in Iran. Its products are widely applied as feed for the downstream industries such as detergents, plastics, polyester fibers, plastic softeners, and paint industries. The main production units of this complex include xylene, benzene-toluene (shell), and phthalic anhydride units. The sub-units of this complex include the power plant units producing consumable electricity, air and nitrogen units, steam production and distribution units, and condensate recycling units. The designed index was calculated for three main production units of this industrial complex by calculating each of the parameters A and B. In this study, parameters A and B represent the ISI index for the units of the selected industry and EMP, respectively.

RESULTS

This study developed a new index to identify process sites prone to major accidents. The ICI was used to identify unit hazards. Further, the validation of the index was based on a case study designed to collect process information from three main petrochemical production units: xylene, benzene-toluene (shell), and phthalic anhydride. Hazard assessment calculations were performed using the ISI. A quantitative assessment of the emergency management situation was then conducted based on the instruction issued by Iran's Ministry of Petroleum. The information collection methods included observation, interview, and audit. The case study was implemented in the mentioned production units of the selected petrochemical complex. Ultimately, the ISI for the benzene-toluene unit was found to be 38 by scoring all the sub-indices and putting them into the given formula. The value of ISI for the xylene unit was found to be 35 by scoring all the sub-indices and replacing the obtained scores with the above formula. ISI for the Phthalic anhydride unit was obtained equal to 34, by scoring all sub-indices and replacing the values in the given equation. The highest ISI value corresponds to the benzene-toluene unit, which represents the greatest risks in this unit. Conversely, phthalic anhydride is less hazardous, due to its lower ISI. According to the method, the emergency management plan was quantitatively evaluated based on instructions No. MOP-HSED-IN-203(0) on the emergency management plan, and MOP-HSED-GL-204(1) on the management of emergencies in the petroleum industry (Iran's Ministry of Petroleum) and OSHA standard. Thus, a total of 50 items were examined under 10 distinct headings, yielding a quantitative score of 46 out of 50 for the status of emergency management. The desirable index for each unit was estimated by utilizing the modified Equation 1, after calculating each of the parameters A and B. This value was used for parameter A in equation 1 after calculating the ISI for the benzene-toluene unit (highest value). Based on this, the score obtained from the audit of the emergency management program was also considered for parameter B. Then, the developed classification index was calculated as 0.82, 0.76, and 0.73 for benzene-toluene, xylene, and phthalic anhydride units, respectively, according to the modified equation 1. Therefore, based on the results, the order of priority and classification of units in terms of their sensitivity to major accidents will be as follows:

1. Benzene-toluene unit, 2. Xylene unit, and 3. Phthalic anhydride unit.

DISCUSSION

Safety is a major concern for any organization, significantly impacting costs, both direct and indirect, as well as productivity. Therefore, the continuous improvement of safety performance is the most important goal that successful organizations aim to achieve. The quantitative determination and measurement of indicators to critically evaluate performance and determine the organization's position are inevitable in any improvement plan. Thus, it is necessary to develop indicators to rank units based on hazards and the probability of accidents, considering the existing safety layers in the organization, such as the EMP. Consequently, the present study aims to design an

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

index for the classification of process sites regarding the occurrence of major accidents. To accomplish this, the desired index is developed by reviewing the literature of previous studies and considering a general framework. Subsequently, a case study is conducted in one of the petrochemical industries to determine the operational calculation and potential applicability of this index. The required specifications are determined for each unit, and the ISI is used to identify the unit hazards. The ISI investigates hazards related to both the ICI and IPI. Afterward, a quantitative evaluation of the EMP adopted by the industry is conducted based on instructions No. MOP-HSED-IN-203(0), MOP-HSED-GL-204(1), and OSHA standards through observation, interviews, and audits. In this study, the fractional formula developed by Khan was inspired due to its simplicity, where the hazard assessment is calculated based on the ISI method and the denominator of the fraction is the EMP status. In this method, the ISI index examines all the parameters of the process comprehensively, but in Khan's study, the HIRA method was used, which only examines the risks of explosion, fire, and toxicity. Also, in the method developed by Khan, parameter B is the safety measure available in the industry, but in this research, the investigation of emergency management was concentrated, which is one of the most important layers of protection in industries. Therefore, the method presented in this study and Khan's approach is completely different and clear. Also in this study, a relatively simple and comprehensive method was designed to identify hazards and estimate the overall hazard of the process units, which covers all aspects and parameters of hazard in a processing unit, including heat of reactions, ignition and fire, explosion, chemical interactions, toxicity, corrosiveness, and the amount of the materials present in the process (both inside and outside the site), the process temperature and pressure, the safety of the equipment, and the general safety conditions of the process structure. Then, the EMP was quantitatively evaluated as one of the most important defense layers of the organization to control the risks.

CONCLUSIONS

In the present study, the level of risks in each unit was calculated and the designed index was obtained for all units. This allowed the examination and comparison of the units holistically and in full detail as to each of the sub-indices. The information required to estimate this index is accessible and measurable in the process units. Therefore, by receiving them from the processing unit, the index can be calculated. The operational part of this research is the first attempt to calculate this technique in a petrochemical industry in Iran, thereby giving it importance. The strengths of this study can be summarized as follows: i) designing and presenting a new index in the field of the identification of the process unit hazard; ii) implementing a case study after designing the classification index of process sites by the occurrence of major accidents in one of the Iranian petrochemical industries, leading to the classification of the production units in this industry; iii) serving as the first attempt to calculate this index in the petrochemical industries, and iv) enabling the identification of the bottlenecks in the EMP adopted by the industry in question. Therefore, this study provided the managers and officials of the process and Health, Safety, and Environment (HSE) units of this industry with a new perspective on the prioritization of the units towards the control measures.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article is the result of a research project approved by the Environmental & Occupational Hazards Control Research Center of Shahid Beheshti University of Medical Sciences of Iran (Registration No. 30586) and the ethics code IR.SBMU.PHNS.REC.1400.140. The Environmental & Occupational Hazards Control Research Center and Vice President of Research and Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran, are gratefully acknowledged.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Maryam Ashouri (Student): Project implementation, Data collection, Writing the structure of the article.

Davoud Eskandari (*Corresponding author and Supervisor): Project and industry coordination, student guidance and participation in editing the article.

Alireza Haji Ghasemkhan (Advisor): Providing advice, accompanying the research team and providing necessary guidance.

Fereydoon Laal: Participation in editing parts of the article.

OPEN ACCESS

©2026 The author(s). This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ETHICAL CONSIDERATION

This article is the result of a research project approved by the Environmental & Occupational Hazards Control Research Center of Shahid Beheshti University of Medical Sciences of Iran (Registration No. 30586) and the ethics code IR.SBMU.PHNS.REC.1400.140. Ethical issues including plagiarism, informed consent, misconduct, data falsification, and repeated publication and submission have been fully observed by the authors.

CODE OF ETHICS

IR.SBMU.PHNS.REC.1400.140.

FUNDING

This article is a result of the master's thesis of the first author (Master's student in Occupational Health Engineering, Shahid Beheshti University of Medical Sciences). Apart from informational assistance and providing the research team with the desired industry environment and data, no external financial support was provided for this research.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this manuscript.

GENERATIVE AI & DIGITAL TOOLS

Artificial intelligence and Digital tools were not used in this research.

DATA SHARING & OPEN SCIENCE

Data are available from the authors upon reasonable request.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

How to cite this article:

Maryam Ashouri, Davoud Eskandari, Alireza Haji Qasemkhan, Fereydoon laal. Development of an Index for Classifying Process Units by Probability of Major Accidents: A Case Study in a Petrochemical Plant. Iran Occupational Health. 2026 (01 Mar);23:6.

***This work is published under CC BY-NC 4.0 licence**

سلامت کار ایران
دوره ۲۳ - ۶/۱۴۰۵

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

طراحی شاخص طبقه بندی واحدهای فرایندی از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ و اجرای یک مطالعه موردی در یک صنعت پتروشیمی

مریم عشوری: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ابمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
داود اسکندری: (* نویسنده مسئول) مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار، پژوهشکده علوم بهداشتی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران.. eskandari.d@skums.ac.ir
علیرضا حاجی قاسمخان: استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
فریدون لعل: استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: همواره توسعه روش‌هایی برای کاهش یا کنترل خطرات مرتبط با صنایع شیمیایی امری ضروری است. طبق مطالعات موجود، هیچ مطالعه‌ای در زمینه طبقه‌بندی واحدها از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ با ترکیب دو شاخص ایمنی ذاتی (ISI[1]) و طرح مدیریت شرایط اضطراری (EMP[2]) انجام نشده است. هدف از این مطالعه، توسعه شاخصی بود که به طور همزمان شاخص ایمنی ذاتی و طرح مدیریت شرایط اضطراری را ترکیب کرده و شاخصی جدید جهت طبقه بندی واحدها یا سایتهای فرایندی با توجه به احتمال وقوع حوادث بزرگ ارائه دهد.

روش بررسی: در این مطالعه پس از تدوین شاخص جدید (معادله A/B) با استفاده از شاخص ISI خطرات مرتبط با واحدهای فرآیندی محاسبه گردید (پارامتر A) و طرح مدیریت شرایط اضطراری براساس راهنماهای تدوین شده از دستورالعملهای وزارت نفت ایران و استانداردهای OSHA[3] (پارامتر B) به صورت کمی ارزیابی شد. سپس، شاخص توسعه یافته (معادله A/B) در واحدهای تولیدی یک صنعت پتروشیمی محاسبه شد و کاربرد پذیری شاخص جدید ارزیابی گردید.

یافته ها: با استفاده از دو شاخص ISI و EMP، شاخصی جدید در جهت طبقه بندی واحدهای مختلف یک صنعت یا طبقه بندی صنایع مجاور یکدیگر از احتمال وقوع حوادث بزرگ تدوین گردید و شاخص مذکور در واحدهای مختلف یک صنعت پتروشیمی محاسبه گردید. این شاخص برای واحدهای بنزن_تولوئن، زایلین و انیدرید فتالیک به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۷۶ و ۰/۷۳ به دست آمد.

نتیجه گیری: در این مطالعه، شاخصی جدید برای طبقه‌بندی سایتهای فرآیندی بر اساس احتمال وقوع حوادث بزرگ به عنوان روشی نسبتاً جامع برای شناسایی خطرات کلی واحدهای فرایندی و سپس طبقه بندی آنها طراحی شد. این شاخص با اولویت بندی و مقایسه صنایع مجاور یا واحدهای مختلف یک صنعت، دیدگاه جدیدی را برای اجرای اقدامات کنترلی و ایجاد بهبود در اختیار مدیران و سرپرستان واحد بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE[4]) صنایع قرار میدهد.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*

منبع حمایت کننده: *ندارد.*

کلیدواژه‌ها
شاخص ایمنی ذاتی(ISI)
برنامه مدیریت شرایط اضطراری(EMP)
صنایع فرایندی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۳

1. Inherent Safety Index
2. Eemergency Management Plan
3. Occupational Safety and Health Administration
4. Health, Safety and Environment

شیوه استناد به این مقاله:
Maryam Ashouri, Davoud Eskandari, Alireza Haji Qasemkhan, Fereydoon laal. Development of an Index for Classifying Process Units by Probability of Major Accidents: A Case Study in a Petrochemical Plant. Iran Occupational Health. 2026 (01 Mar);23:6.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

مقدمه

صنایع شیمیایی، نفت، گاز و پتروشیمی نقشی حیاتی و غیرقابل انکار در اقتصاد جهان و به تبع آن در ایران ایفا می‌کنند. این صنایع از نظر مسائل ایمنی به عنوان صنایع بحرانی طبقه‌بندی می‌شوند(۱-۴). صنایع ذکر شده به دلیل وجود طیف وسیعی از مواد خطرناک و عملیات در دماها و فشارهای بالا، صنایع حادثه‌خیز محسوب می‌شوند(۱, ۵, ۶). این عوامل، توسعه روش‌هایی برای کاهش یا کنترل خطرات مرتبط با این صنایع را ضروری ساخته است. در حال حاضر، روش‌های کمی و کیفی متعددی برای شناسایی خطر و ارزیابی ریسک پیشنهاد و توسعه داده شده است(۷, ۸). شناسایی خطر اهدافی از جمله کشف و شناسایی خطرات، شناسایی منابع خطرناک، حوادث بالقوه و غیره دارد. بنابراین، کاهش شدت و احتمال خطرات باید برای ایجاد یک محیط کاری ایمن در نظر گرفته شود(۹). شناسایی خطر مهمترین مرحله است، زیرا خطرات شناسایی و کشف نشده منجر به نادیده گرفتن شرایط خطرناک می‌شوند. بنابراین، اختصاص منابع کافی برای این کار امری ضروری است(۱۰). در کل دنیا تکنیک‌های مختلفی برای انجام تجزیه و تحلیل خطرات در دسترس است، در حالی که برخی از آنها معمولاً در صنایع استفاده نمی‌شوند. این روش‌ها به اطلاعات متفاوتی نیاز دارند و برای مراحل مختلف توسعه، طراحی و بهره‌برداری از فرآیند مناسب هستند(۱۱). شاخص‌های ارزیابی خطر از مهم‌ترین روش ها هستند. شاخص ایمنی ذات(ISI[1]) ، شاخص مواجهه با مواد شیمیایی(CEI[2]) ، شاخص وزنی خطر ایمنی (SWeHI[3]) و شاخص آتش‌سوزی و انفجار (Mond)از مهم‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی خطر هستند. شاخص‌های ارزیابی خطر، معمولا روش‌هایی نسبتاً ساده برای شناسایی خطرات و تخمین خطر کلی واحدهای فرآیندی هستند. این شاخصها نیازی به سطح بالایی از تخصص و اطلاعات دقیق فرآیند ندارند و با تجزیه و تحلیل کمی و تفسیر آسان، نتایج ساده و قابل اعتمادی تولید می‌کنند(۱۲, ۱۳). همچنین در تمامی صنایع، لایه‌های کنترلی و محافظ متعددی وجود دارد که به عنوان یکی از عوامل مهم و مؤثر در کاهش خطرات و پیامدهای آنها در واحد های صنعتی عمل می‌کنند. طرح مدیریت شرایط اضطراری (EMP) عمدتاً برای سازماندهی و بهبود آمادگی سازمان در برابر شرایط ناخواسته و غیرقابل کنترل و به عنوان آخرین سطح و لایه حفاظتی طراحی و تدوین شده است. صنایع فرآیندی به دلیل حجم بالای مواد شیمیایی مختلف، پتانسیل بالایی برای حوادث صنعتی بزرگ دارند. تعداد زیاد کارکنان شاغل در این محیطها و نزدیکی به مناطق مسکونی، اهمیت اجرای طرح مدیریت شرایط اضطراری و ارتقای آگاهی کارکنان از این طرح را افزایش می‌دهد(۱۴). مدیریت شرایط اضطراری شامل انجام اقدامات اضطراری مناسب و از پیش تعیین‌شده برای پاسخگویی مؤثر در این شرایط است(۱۵). به عبارت دیگر، مهم‌ترین عواملی که به تاب‌آوری سازمان در مواجهه با شرایط اضطراری بحرانی کمک می‌کنند، درک، پیش‌بینی، آمادگی و واکنش به آن شرایط است. بنابراین، مدیریت شرایط اضطراری نقش حیاتی در به حداقل رساندن خسارات و تلفات در طول و پس از بحران ایفا می‌کند. و اتخاذ یک طرح دقیق و مناسب برای مدیریت شرایط اضطراری بر اساس استانداردها و دستورالعمل‌های موجود در همه صنایع بسیار حائز اهمیت است(۱۶).

در مطالعه انجام شده توسط Khan Fasial و همکارش در سال ۱۹۹۸ شاخص HIRA[4] یا همان شاخص شناسایی و رتبه بندی خطر طراحی و معرفی گردید که این شاخص شامل دو زیر شاخص است، یکی خطرات آتش سوزی و انفجار را بررسی میکند و دیگری برای شناسایی خطرات ناشی از انتشار احتمالی مواد شیمیایی سمی است. بزرگی این زیر شاخص ها نشان دهنده شدت حادثه احتمالی در منطقه آسیب دیده است(۱۷). اما شاخص مذکور تنها خطرات ناشی از آتش سوزی، انفجار و انتشار مواد شیمیایی سمی یا همان سمیت را مورد بررسی قرار می دهد.

در مطالعه دیگری که توسط Khan Fasial و همکارانش در سال ۲۰۰۱ انجام شد شاخص SWeHI یا همان شاخص خطر وزن شده ایمنی طراحی و معرفی گردید که از طریق رابطه B/A محاسبه می گردد و در آن B خطرات حریق، انفجار و سمیت را نشان میدهد و با روش HIRA محاسبه میگردد. A نیز نشان دهنده تمهیدات ایمنی و اقدامات کنترلی انجام شده برای مقابله با موقعیت های نا مطلوب و حوادث است. در نهایت در این مطالعه شاخصی جدید و سیستماتیک جهت ارزیابی خطرات با توجه به در نظر گرفتن پارامترهای مختلف ارائه گردید(۱۰). در این مطالعه از شاخص HIRA استفاده شده (صورت کسر شاخص) که تنها خطرات

1 Inherent Safety Index
2 Chemical Exposure Index
3 Safety Weighted Hazard Index
4 Hazard Identification and Ranking Analysis

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

حریق، انفجار و سمیت را در واحدها بررسی می نماید، همچنین در میان اقدامات کنترلی که در این شاخص دخیل شده اند (مخرج کسر شاخص) برنامه مدیریت شرایط اضطراری در نظر گرفته نشده است.

در مطالعه دیگری نیز که توسط Fasial Khan و همکارش در سال ۲۰۰۴ انجام شده شاخص I2SI[1] یا همان شاخص ایمنی ذاتی یکپارچه طراحی و معرفی گردید که از طریق رابطه $I2SI=ISPI^2/HI^3$ محاسبه گردیده و برای شناسایی هر گزینه I2SI از زیر شاخص‌هایی تشکیل شده است که پتانسیل خطر، پتانسیل ایمنی ذاتی و الزامات کنترل اضافی را در نظر میگیرند(۱۸). اما در این مطالعه نیز اکثر پارامترهای مهم یک فرایند از جمله گرمای واکنش ها، فعل و انفعالات شیمیایی مواد، سمیت، خورندگی، دما، فشار و... مدنظر قرار نگرفته است.

در نهایت پس از بررسی مطالعاتی که طی سال های اخیر در این زمینه انجام شده است مشاهده گردید در هیچکدام از این مطالعات از شاخصی که تمام پارامترهای یک فرایند را در نظر بگیرد و خطرات احتمالی آنها را بررسی کند استفاده نشده است. به همین خاطر مطالعه ای طراحی شد که در آن از شاخصی استفاده گردد که نسبتا کامل بوده و تمامی ویژگی های فرایند را مورد بررسی قرار دهد و به همراه آن برنامه مدیریت شرایط اضطراری صنعت را نیز مورد بررسی قرار دهد. وجه تمایز و اهمیت این مطالعه نیز در استفاده از شاخص ایمنی ذاتی و برنامه مدیریت اضطراری جهت طراحی شاخص جدید است که در هیچ یک از مطالعات انجام شده بدین شکل نبوده است.

شاخص ایمنی ذاتی به شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی و شاخص ایمنی فرآیندی تقسیم می‌شود. این شاخص شامل زیرشاخص‌هایی برای گرمای واکنش، اشتعال‌پذیری، انفجار، سمیت، خورندگی و موجودی مواد، فعل و انفعالات شیمیایی، دمای فرآیند، فشار و ایمنی تجهیزات و ساختار فرآیند است. با توجه به این ویژگی‌ها این شاخص، شاخصی نسبتا کامل و جامع برای صنایع فرایندی است که تمام ویژگی‌های فرایند را در بر می‌گیرد و کامل‌تر و جامع‌تر از سایر روش‌های موجود است(۱۹).

به عنوان مثال، شاخص شناسایی خطر و ارزیابی ریسک (HIRA[4]) که توسط خان و همکارانش در توسعه شاخص خطر وزنی ایمنی (SWeHI) استفاده شده است، فقط خطرات آتش‌سوزی، انفجار و سمیت را بررسی می‌کند(۱۰). در حالی که شاخص ایمنی ذاتی تقریبا تمامی پارامترهای مهم در یک فرایند صنعتی را مورد بررسی قرار می دهد. بنابراین، این مطالعه با استفاده از ترکیب شاخص ایمنی ذاتی و طرح مدیریت شرایط اضطراری، شاخص جدیدی تدوین کرد و مطالعه خان و همکارانش الهام‌بخش طراحی این شاخص بود (۱۰). نهایتا طبق مطالعات موجود، هیچ مطالعه‌ای در این زمینه با ترکیب دو شاخص ایمنی ذاتی و طرح مدیریت شرایط اضطراری برای طراحی شاخصی جدید برای طبقه‌بندی صنایع و یا واحدهای مختلف یک صنعت انجام نشده است. بنابراین، شاخص جدید به متخصصان این امکان را می‌دهد که صنایع یا واحدهای خطرناک‌تر را نسبت به واحدهای کم‌خطر در یک منطقه یا مجتمع صنعتی شناسایی و طبقه بندی نمایند.

روش کار

مطالعه حاضر در چهار فاز جهت طراحی شاخص طبقه بندی واحد های فرایندی از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ انجام شد:

فاز اول) تدوین شاخص A/B با بررسی متون و الهام از روش SWeHI

این شاخص برای شناسایی مکان‌های مستعد حوادث بزرگ در این زمینه طراحی شده است. بنابراین، در این مطالعه، یک شاخص جدید برای ارزیابی ریسک با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف مشابه پارامترهای روش SWeHI (۱۰) ارائه شده است. اساس طراحی این شاخص در رابطه ۱ آورده شده است:

رابطه ۱-شاخص طبقه بندی سایت های فرایندی = $\frac{A}{B}$ شاخص طبقه‌بندی سایت های مستعد وقوع حوادث بزرگ(۱۰)

پارامتر A نشانگر خطرات واحدها به‌صورت کمی است و پارامتر B نشانگر وضعیت برنامه مدیریت شرایط اضطراری است. در بخش های بعدی، جزئیاتی از مقادیر B و A ارائه شده است.

فاز دوم) تعیین مقدار شاخص A (ISI)

از شاخص ISI برای شناسایی خطرات واحدها استفاده شد. شاخص ISI هم برای واکنشهای اصلی و هم برای واکنشهای جانبی که در واحد رخ می دهند، مهم است. واکنش های شیمیایی فرعی که بین مواد شیمیایی

1 Integrated Inherent Safety Index
2 Inherent safety potential index
3 The hazard index
4 Hazard Identification and Risk Assessment

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

در واحد صنعتی رخ می دهند نیز بررسی شدند. خود شاخص ISI کل به دو دسته اصلی، یعنی شاخص ISI شیمیایی (I_{CI}) و شاخص ISI فرآیند (I_{PI}) تقسیم بندی می شود. پارامتر اول به خطرات مربوط به خواص شیمیایی مواد در فرآیند می پردازد. این شاخص شامل زیرشاخص‌هایی برای گرمای واکنش اصلی و جانبی، فعل و انفعالات شیمیایی، اشتعال پذیری، انفجار، سمیت و خوردگی است (۱۱). پارامتر دوم شامل زیرشاخص‌های موجودی مواد، دمای فرآیند، فشار فرآیند، ایمنی تجهیزات و ساختار فرآیند ایمن است. شاخص کل ذاتی (I_{TI}) یا ISI مجموع امتیازات I_{CI} و I_{PI} طبق معادلات ۲ و ۳ است.

رابطه ۲-شاخص ایمنی ذاتی کلی $I_{TI} = I_{CI} + I_{PI}$

$$I_{CI=}I_{(RM.MAX)} + I_{(RS.MAX)} + I_{(INT.MAX)} + I_{(FL+EX+TOX)} + I_{COR.MAX}$$

رابطه ۳-شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی

در اینجا، زیر شاخص گرمای واکنش برای واکنش اصلی($I_{RM.MAX}$) ، زیر شاخص گرمای واکنش برای واکنشهای جانبی($I_{RS.MAX}$) ، زیر شاخص برهم کنش شیمیایی($I_{NT.MAX}$) ، زیر شاخص اشتعال پذیری(I_{FL}) ، زیر شاخص انفجار(I_{EX}) ، زیر شاخص سمیت(I_{TOX}) و خورندگی مواد ($I_{COR.MAX}$) موجود در فرآیند به طور جداگانه تعیین میشوند.

تمام این پارامترها از طریق جدول ۱ امتیاز دهی میشوند.

شاخص ایمنی ذاتی فرایند I_{PI} ، بیانگر ایمنی ذاتی خود فرایند است و زیر شاخص های آن عبارت‌اند از مقدار مواد موجود در فرایند (I_I)، دمای فرایند (I_T)، فشار فرایند ایمنی تجهیزات فرایند (I_{EQ}) و ساختار فرایندی ایمن (I_{ST}). زیر شاخص های این شاخص در جدول ۲ ارائه شده است و بر این اساس امتیاز دهی می شوند.

$$I_{PI=}I_I + I_{T.MAX} + I_{P.MAX} + I_{EQ.MAX} + I_{ST.MAX}$$

رابطه ۴-شاخص ایمنی ذاتی فرایند

جدول ۱. اجزاء شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی(۱۹)

زیر شاخص	علامت	امتیاز
زیر شاخص گرمای واکنش‌های اصلی	I_{RM}	۰-۴
بیشترین گرمای واکنش‌های جانبی	I_{RS}	۰-۴
واکنش‌های شیمیایی	I_{INT}	۰-۴
قابلیت اشتعال	I_{FL}	۰-۴
قابلیت انفجار	I_{EX}	۰-۴
مواجهه سمی	I_{TOX}	۰-۶
خوردگی	I_{COR}	۰-۲

$I_{CI}=I_{RM.MAX} + I_{RS.MAX} + I_{INT.MAX} +(I_{FL}+I_{EX}+I_{TOX}) +I_{COR.MAX}$

جدول ۲. اجزاء شاخص ایمنی ذاتی فرایند(۱۹)

زیرشاخص	علامت	امتیاز
مقدار مواد موجود در فرایند	I_I	۰-۵
فرایند دمای	I_T	۰-۴
فرایند فشار	I_P	۰-۴
ایمنی تجهیزات محدوده داخل سایت (ISBL[1])	I_{EQ}	۰-۴
محدوده خارج سایت (OSBL[2])	I_{EQ}	۰-۵
سازه فرایندی ایمن	I_{ST}	۰-۳
$I_{PI}=I_I + I_{T.MAX} + I_{P.MAX} + I_{EQ.MAX} + I_{ST.MAX}$		

[1] Inside Battery Limit Area
[2] Offsite Battery Limit Area

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

فاز سوم) طراحی ارزیابی کمی برنامه مدیریت شرایط اضطراری صنعت (شاخص B)

در این فاز ارزیابی کمی شرایط اضطراری با استفاده از راهنمای تهیه شده از دستورالعمل وزارت نفت با شناسه MOP-HSED-IN-203، راهنمای مدیریت شرایط اضطراری در صنعت نفت با شناسه MOP-HSED-GL-204(1) و استاندارد OSHA با روش مشاهده و ممیزی انجام می شود. این دستورالعمل با هدف تشریح الزامات واکنش در شرایط اضطراری به منظور استانداردسازی رویه های انجام کار، به حداقل رساندن سطح خطاهای انسانی، حفظ ایمنی کارکنان در هنگام بروز شرایط اضطراری تدوین شده است. هدف از این راهنما ارائه یک چارچوب یکپارچه جهت برنامه‌ریزی، سازماندهی و پیاده‌سازی سامانه مدیریت شرایط اضطراری در شرکت‌های اصلی، فرعی/ تابعه و تأسیسات صنعت نفت به‌منظور مدیریت و کنترل اثربخش شرایط اضطراری و به‌حداقل‌رساندن خسارات جانی، مالی، اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی آن است. در نهایت راهنما های ممیزی برنامه مدیریت شرایط اضطراری در ۱۰ سر فصل اصلی از جمله ارزیابی ریسک، آموزش، مانور، ارزیابی آمادگی، کمیته اضطراری، اطلاع‌رسانی شرایط اضطراری، هماهنگی و ارتباط با منابع خارجی، اقدامات و نحوه مقابله با شرایط اضطراری، گزارش حادثه اضطراری و پاکسازی محل

جدول ۳. سر فصل های اصلی ممیزی برنامه مدیریت شرایط اضطراری

سر فصل های اصلی برنامه مدیریت شرایط اضطراری	حالت مطلوب برای هر کدام از سر فصل ها براساس دستورالعمل(امتیاز ۵ در راهنما ها)
ارزیابی ریسک	ارزیابی ریسک، شناسایی و طبقه‌بندی خطرات با متد به روز و مناسب و بوسیله تیم متخصص به صورت کامل انجام شده و به صورت دوره‌ای مورد بررسی و بازنگری قرار گیرد.
آموزش	طرح خاص آموزش افراد درگیر در واکنش در شرایط اضطراری شامل نیازسنجی آموزشی، زمان‌بندی و اجرای آموزش‌ها مناسب با تکنیکهای مهندسی ایمنی، با توجه به منابع سازمان و با هماهنگی واحد HSE تدوین شده، اجرا میشود و به طور مستمر مورد بازنگری و ارزیابی قرار میگیرد و اثربخشی آنها سنجیده شود.
مانور	مانور ها به طور منظم و با برنامه قبلی جهت حصول اطمینان از آمادگی افراد در سازمان برگزار میگردد: برنامه ریزی مشخصی دارند و به صورت مستند ثبت میگردند: فرم ها تکمیل میگردند و اصلاحاتی که باید صورت گیرد ثبت شده و پیگیری میشود.
ارزیابی آمادگی	سازمان طرح ممیزی و بازرسی جهت ارزیابی آمادگی کارگاهی قبل از وقوع شرایط اضطراری در جهت مقابله با این شرایط را دارد و به‌صورت کامل پیاده‌سازی می‌گردد؛ موارد به طور کامل بررسی شده ثبت؛ پیگیری و اصلاح می‌گردند.
کمیته اضطراری	کمیتهٔ اضطراری در سازمان تشکیل شده است و شرح وظایف کلیه اعضای کمیته و افراد تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری و اجرا و کارکنان به‌روشنی تشریح شده است و در طرح واکنش در شرایط اضطراری نیز به ساختار و ترکیب اعضای کمیته اضطراری و شرح وظایف هر یک از اعضا اشاره شده است.
اطلاع‌رسانی شرایط اضطراری	هنگام مشاهده حادثه هر یک از کارکنان با استفاده از وسایل ارتباطی موجود بلافاصله مراتب را به مرکز کنترل اضطراری گزارش میدهند و آژیر مخصوص اعلام وضعیت اضطراری وجود دارد و وسایل ارتباطی کامل و کافی جهت اطلاع رسانی در دسترس است و تجهیزات موجود و اطلاعات به صورت دوره‌ای مورد بازبینی قرار می‌گیرند.
هماهنگی و ارتباط با منابع خارجی	هماهنگی‌های لازم جهت ایجاد ارتباط فوری و مؤثر با منابع خارجی به طور کامل برقرار است. افرادی به این منظور تعیین شده‌اند ولی در طرح واکنش در شرایط اضطراری به‌وضوح به افراد درگیر اشاره شده است در شرح وظایف این افراد زمان و نحوه صحیح برقراری ارتباط به‌روشنی تشریح و تبیین شده است.
اقدامات و نحوه مقابله با شرایط اضطراری	اقدامات عمومی و اختصاصی مشخصی با توجه به فرایند و محل کار جهت نحوه مقابله با شرایط اضطراری تدوین شده است و اجرا میشود و اقداماتی برای واحدهای مجاور در نظر گرفته شده است و طرح اقدامات به طور دوره‌ای مورد بازنگری و اصلاح قرار میگیرد.
گزارش حادثه اضطراری	پس از اعلام شرایط عادی و پایان وضعیت اضطراری جلسه کمیته اضطراری در سازمان تشکیل می‌شود. ولی علل حادثه اضطراری مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد ولی برنامه‌ای جهت مراقبت‌های پس از حادثه ارائه می‌گردد و به‌صورت دوره‌ای نیز مورد ارزیابی و بازنگری قرار می‌گیرد.
پاکسازی محل حادثه	پاک‌سازی محل حادثه پس از وقوع شرایط اضطراری انجام میشود و برنامه خاصی برای آن در نظر گرفته شده و تدوین شده است: مسئول عملیات پاک‌سازی و تیم پاک‌سازی با شرح وظایف مشخص برای این منظور تعیین شده است و برنامه پاک‌سازی به‌صورت دوره‌ای مورد بازنگری قرار می‌گیرد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

جدول ۴. تعیین میزان شاخص ایمنی ذاتی واحد بنزن.تولوئن(شل)

زیر شاخص واکنش	امتیاز	
گرمای واکنش اصلی(I_{RM})	I_۵۴۰(j/gr)I=۵۴۰	۱
گرمای واکنش جانبی (I_{RS})	-	۰
فعل‌و انفعالات شیمیایی(تعامل شیمیایی) (I_{INT})	انفجار - حریق	۴
(I_{FL}+I_{EX}+Itox) max	بنزن	۱۰
خورندگی(I_{COR})	کربن استیل	۰
جمع شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی		I_{CI}=۱۵
شاخص ایمنی ذاتی فرایند(I_{PI})		
میزان مواد موجود در فرایند (I_I) (درون محدوده سایت)(ISBL)	۱۱۴۸۱/۱۵ Ton	۵
میزان مواد موجود در فرایند (I_I) (بیرون محدوده سایت)(OSBL)	مجموع ۲واحد:۲۹۲۵/۵۸ Ton	۴
دمای فرایند(I_T)	۷۶۰^{O}C	۴
فشار فرایند(I_P)	۴۰ bar	۲
ایمنی تجهیزات (I_Q) (داخل سایت)(ISBL)	کوره‌ها، تجهیزات مشتعل	۴
ایمنی تجهیزات(I_Q) (خارج سایت)(OSBL)	مشعل‌ها، بویلرها و کوره‌ها	۳
سازه فرایندی ایمن (شرایط کلی ایمنی سازه فرایندی) (I_{ST})	استفاده از فرایندهای ایمن و استاندارد	۱
جمع شاخص ایمنی ذاتی فرایند		I_{PI} = ۲۳
شاخص ایمنی ذاتی کل(ISI)	ISI = I_{CI} + I_{PI} **ISI =۱۵+۲۳=۳۸**	

حادثه با روش امتیاز دهی به آیتم ها (۰ تا ۵ امتیاز و مجموع امتیاز کلی راهنما ها ۵۰) طراحی و تدوین گردیدند.

فاز چهارم) محاسبه شاخص A/B برای هر واحد

در این مرحله، یک مطالعه موردی برای بررسی کاربرد پذیری شاخص طراحی شده در یکی از صنایع پتروشیمی کشور برنامه‌ریزی شد. این صنعت به عنوان یکی از اولین تولیدکنندگان محصولات آروماتیک در کشور شناخته میشود. محصولات آن به طور گسترده به عنوان خوراک صنایع پایین دستی مانند شوینده‌ها، پلاستیک‌ها، الیاف پلی‌استر، نرم‌کننده‌های پلاستیک و صنایع رنگ استفاده میشود. واحدهای اصلی تولیدی این مجتمع شامل واحدهای بنزن-تولوئن (شل)، زایلن و انیدرید فتالیک است. واحدهای فرعی این مجتمع شامل واحدهای نیروگاهی تولیدکننده برق مصرفی، واحدهای هوا و نیتروژن، واحدهای تولید و توزیع بخار و واحدهای بازیافت میعانات گازی است. شاخص طراحی‌شده برای سه واحد اصلی تولیدی این مجتمع صنعتی با محاسبه هر یک از پارامترهای A و B محاسبه شد. در این مطالعه، پارامترهای A و B به ترتیب نشان‌دهنده شاخص ISI برای واحدهای صنعت منتخب و EMP هستند.

یافته ها

در این مطالعه شاخص جدیدی جهت شناسایی سایتهای فرایندی مستعد حوادث بزرگ طراحی و تدوین شد که در آن جهت شناسایی خطرات واحدها از شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی (ISI) استفاده شد. در مطالعه موردی طراحی شده جهت بررسی کاربرد پذیری شاخص کلیه اطلاعات فرایندی سه واحد اصلی تولیدی پتروشیمی از جمله واحدهای زایلین، بنزن - تولوئن (شل) و انیدرید فتالیک (PA[1]) جمع‌آوری گردید و محاسبات مربوط به ارزیابی خطر با استفاده از شاخص ایمنی ذاتی انجام شد. سپس ارزیابی کمی وضعیت مدیریت شرایط اضطراری نیز با استفاده از راهنمای تهیه شده از دستورالعمل وزارت نفت با روش جمع‌آوری اطلاعات از طریق مشاهده و ممیزی انجام شد.

۳-۱) مشخصات فرایندی واحد بنزن - تولوئن (شل Shell) و محاسبه شاخص ISI در این واحد

در نهایت باتوجه‌به امتیاز دهی به تمامی زیر شاخصها و قراردادن آنها در فرمول ذکر شده میزان شاخص ایمنی ذاتی برای واحد بنزن- تولوئن ۳۸ به دست آمد.

1 Phthalic Anhydride

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

۳-۲) مشخصات فرایندی واحد زایلین و محاسبه شاخص ISI در این واحد

در نهایت با توجه به امتیاز دهی به تمامی زیر شاخصها و قراردادن آنها در فرمول ذکر شده میزان شاخص ایمنی ذاتی برای واحد زایلین ۳۵ به دست آمد.

۳-۳) مشخصات فرایندی واحد انیدرید فتالیک و محاسبه شاخص ISI در این واحد

در نهایت باتوجه‌به امتیازدهی به‌تمامی زیر شاخصها و قراردادن آنها در فرمول ذکر شده میزان شاخص ایمنی ذاتی برای واحد انیدرید فتالیک ۳۴ به دست آمد.

۳-۴) ارزیابی وضعیت برنامه مدیریت شرایط اضطراری

طبق این روش، طرح مدیریت اضطراری بر اساس دستورالعملهای شماره MOP-HSED-IN-203(0) در مورد طرح مدیریت اضطراری و MOP-HSED-GL-204(1) در مورد مدیریت شرایط اضطراری در صنعت نفت (وزارت نفت ایران) و استاندارد OSHA به صورت کمی ارزیابی شد. بنابراین، در مجموع ۵۰ مورد تحت ۱۰ عنوان مجزا (جدول ۳) بررسی شد و امتیاز کمی ۴۶ از ۵۰ برای وضعیت مدیریت شرایط اضطراری به دست آمد. نتایج این بخش در جدول ۷ به تفصیل آمده است.

جدول ۵. تعیین میزان شاخص ایمنی ذاتی واحد زایلین

زیر شاخص واکنش		امتیاز
گرمای واکنش اصلی(I_{RM})	I_۱۷۱۳(j/gr)I=۱۷۱۳	۳
گرمای واکنش جانبی (I_{RS})	-	۰
فعل‌وانفعالات شیمیایی(تعامل شیمیایی) (I_{INT})	انفجار - حریق	۴
(I_{FL}+I_{EX}+Itox) max	ارتوزایلین	۶
خورندگی(I_{COR})	کربن استیل	۰
جمع شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی		I_{CI}=۱۳
شاخص ایمنی ذاتی فرایند(I_{PI})		
میزان مواد موجود در فرایند (I_I) (درون محدوده سایت)(ISBL)	۱۳۰۸/۵۸ Ton	۵
میزان مواد موجود در فرایند (I_I) (بیرون محدوده سایت)(OSBL)	۱۱۴۸۱/۱۵ Ton	۵
دمای فرایند(I_T)	۴۰۰ ^{O}C	۳
فشار فرایند(I_P)	۱۲/۵ bar	۱
ایمنی تجهیزات (I_Q) (داخل سایت)(ISBL)	کوره‌ها، تجهیزات مشتعل	۴
ایمنی تجهیزات(I_Q) (خارج سایت)(OSBL)	مشعل‌ها، بویلرها و کوره‌ها	۳
سازه فرایندی ایمن (شرایط کلی ایمنی سازه فرایندی) (I_{ST})	استفاده از فرایندهای ایمن و استاندارد	۱
جمع شاخص ایمنی ذاتی فرایند		I_{PI} = ۲۲
شاخص ایمنی ذاتی کل(ISI)		ISI = I_{CI} + I_{PI} **ISI =۱۳+۲۲=۳۵**

جدول ۶. تعیین میزان شاخص ایمنی ذاتی واحد انیدرید فتالیک

زیر شاخص واکنش		امتیاز
گرمای واکنش اصلی(I_{RM})	I_۷ (j/gr)I=۷	۰
گرمای واکنش جانبی (I_{RS})	-	۰
فعل‌وانفعالات شیمیایی(تعامل شیمیایی) (I_{INT})	انفجار - حریق	۴
(I_{FL}+I_{EX}+Itox) max	انیدریدفتالیک	۸
خورندگی(I_{COR})	استنلس استیل	۱
جمع شاخص ایمنی ذاتی شیمیایی		I_{CI}=۱۳
شاخص ایمنی ذاتی فرایند(I_{PI})		
میزان مواد موجود در فرایند (I_I) (درون محدوده سایت)(ISBL)	۱۶۱۷ Ton	۵
میزان مواد موجود در فرایند (I_I) (بیرون محدوده سایت)(OSBL)	۱۱۴۸۱/۱۵ Ton	۵
دمای فرایند(I_T)	۴۴۰ ^{O}C	۳
فشار فرایند(I_P)	۱ bar	۰
ایمنی تجهیزات (I_Q) (داخل سایت)(ISBL)	کوره‌ها، تجهیزات مشتعل	۴
ایمنی تجهیزات(I_Q) (خارج سایت)(OSBL)	مشعل‌ها، بویلرها و کوره‌ها	۳
سازه فرایندی ایمن (شرایط کلی ایمنی سازه فرایندی) (I_{ST})	استفاده از فرایندهای ایمن و استاندارد	۱
جمع شاخص ایمنی ذاتی فرایند		I_{PI} = ۲۱
شاخص ایمنی ذاتی کل(ISI)		ISI = I_{CI} + I_{PI} **ISI =۱۳+۲۱=۳۴**

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

جدول ۷. امتیازات کسب شده در ممیزی برای هر سر فصل برنامه مدیریت شرایط اضطراری

سر فصل های اصلی راهنما های تدوین شده	امتیاز کسب شده توسط سازمان در ممیزی (۰ تا ۵)
۱. ارزیابی ریسک	۵
۲. آموزش	۴
۳. مانور	۵
۴. ارزیابی آمادگی کارگاهی	۵
۵. کمیته اضطراری	۵
۶. اطلاع‌رسانی شرایط اضطراری	۴
۷. هماهنگی و ارتباط با منابع خارجی	۵
۸. اقدامات و نحوه مقابله با شرایط اضطراری	۴
۹. گزارش حادثه اضطراری	۵
۱۰. پاک‌سازی محل حادثه	۴
مجموع امتیاز کسب شده	۴۶

جدول۸. نتایج محاسبه شاخص ها

نام واحد	شاخص A	شاخص B	شاخص A/B
بنزن-تولوئن	۳۸	۴۶	۰/۸۲
زایلین	۳۵	۴۶	۰/۷۶
انیدرید فتالیک	۳۴	۴۶	۰/۷۳

۳-۵) محاسبه شاخص برای هر واحد

پس از محاسبه هرکدام از پارامترهای **A** و **B**، شاخص مدنظر برای هر واحد با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$\frac{\mathbf{A}}{\mathbf{B}}$ = شاخص طبقه‌بندی سایت های مستعد وقوع حوادث بزرگ

میزان شاخص **ISI** برای واحد = **A**

وضعیت مدیریت شرایط اضطراری صنعت = **B**

در نهایت پس از محاسبه شاخص تدوین شده برای هر واحد مشخص گردید ترتیب اولویت و طبقه بندی واحدها بر اساس مستعد بودن نسبت به حوادث بزرگ به ترتیب ذیل است و بدین ترتیب باید در اولویت حذف خطرات، اقدامات کنترلی و مهندسی قرار گیرند. ۱) واحد بنزن_تولوئن ۲) واحد زایلین ۳) واحد انیدرید فتالیک

بحث

ایمنی نگرانی عمده برای هر سازمان است و تأثیر بسزایی بر هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم و همچنین بر روی بهره‌وری سازمان ها دارد؛ بنابراین بهبود مداوم در عملکرد ایمنی، از اهداف سازمان‌های موفق است. (۲۰). به دلیل اهمیت مسائل ذکر شده لزوم تدوین شاخص‌هایی جهت رتبه بندی واحدها از نظر خطرات و احتمال بروز حوادث همراه با درنظرگرفتن لایه‌های ایمنی موجود در سازمان مانند برنامه مدیریت در شرایط اضطراری به‌وضوح آشکار میشود و به همین خاطر مطالعه حاضر با هدف طراحی شاخصی جهت طبقه بندی واحدهای فرایندی از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ، تدوین و اجرا گردید. ابتدا با توجه به شاخص ها و روش های موجود در این زمینه، چارچوب کلی مطالعه طراحی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

گردید. سپس یک مطالعه موردی در یکی از صنایع پتروشیمی جهت محاسبه عملیاتی این شاخص تدوین گردید. مشخصات موردنیاز، برای هر واحد تعیین شد و جهت شناسایی خطرات واحدها از شاخص ایمنی ذاتی (ISI) استفاده شد. شاخص ایمنی ذاتی، خطرات مربوط به خواص شیمیایی (ایمنی ذاتی شیمیایی) و خطرات مربوط به فرایند (ایمنی ذاتی فرایند) را مورد بررسی قرار می دهد. سپس ارزیابی کمی برنامه مدیریت شرایط اضطراری صنعت نیز به‌وسیله راهنمای تدوین شده از دستورالعمل وزارت نفت با شناسه MOP-HSED-IN-203، راهنمای وزارت نفت شناسه MOP-HSED-GL-204(1) و استاندارد OSHA با روش مشاهده و ممیزی انجام شد.

شاخص HIRA[1] یا همان شاخص شناسایی و رتبه بندی خطر طراحی شامل دو زیر شاخص است، یکی خطرات آتش سوزی و انفجار را بررسی میکند و دیگری برای شناسایی خطرات ناشی از انتشار احتمالی مواد شیمیایی سمی است. بزرگی این زیر شاخص ها نشان دهنده شدت حادثه احتمالی در منطقه آسیب دیده است(۱۷). اما شاخص مذکور تنها خطرات ناشی از آتش سوزی، انفجار و انتشار مواد شیمیایی سمی یا همان سمیت را مورد بررسی قرار می دهد و سایر مشخصات فرایند را در نظر نمی گیرد. شاخص SWeHI[2] یا همان شاخص خطر وزن شده ایمنی که از طریق رابطه B/A محاسبه می گردد و در آن B خطرات حریق، انفجار و سمیت را نشان میدهد و با روش HIRA محاسبه میگردد. A نیز نشان دهنده اعتبارات ناشی از اقدامات کنترلی و ترتیبات ایمنی انجام شده برای مقابله با موقعیت های نامطلوب و حوادث است ولی در این شاخص نیز خطرات آتش سوزی، انفجار و خطرات ناشی از انتشار احتمالی مواد شیمیایی سمی بررسی می گردد و سایر پارامترهای مهم فرایند ها مد نظر قرار نگرفته است. همچنین در خصوص تمهیدات ایمنی نیز بررسی برنامه مدیریت شرایط اضطراری صنعت که از مهم ترین لایه های دفاعی در هر صنعت می باشد در نظر گرفته نشده است. شاخص I2SI[3] یا همان شاخص ایمنی ذاتی یکپارچه که از طریق رابطه I2SI=ISPI[4]/HI[5] محاسبه می گردد برای شناسایی هر گزینه I2SI از زیر شاخص‌هایی تشکیل شده که پتانسیل خطر، پتانسیل ایمنی ذاتی و الزامات کنترل اضافی را در نظر میگیرند ولی در این شاخص نیز هیچ یک از جزئیات فرایند که پتانسیل ایجاد خطرات و در نهایت احتمال بروز خطرات را دارند در نظر گرفته نشده است.

با بررسی مطالعاتی که در این زمینه انجام شده اند در هیچکدام از این مطالعات از شاخصی که تمام پارامترهای یک فرایند را در نظر بگیرد و خطرات احتمالی آنها را بررسی کند استفاده نشده بود. بنابراین مطالعه ای طراحی شد که در آن از شاخصی استفاده گردد که نسبتا کامل بوده و تمامی ویژگی های فرایند را مورد بررسی قرار دهد و به همراه آن برنامه مدیریت شرایط اضطراری صنعت را نیز مورد بررسی قرار دهد. وجه تمایز و اهمیت این مطالعه نیز در استفاده از شاخص ایمنی ذاتی و برنامه مدیریت اضطراری جهت طراحی شاخص جدید است که در هیچ یک از مطالعات انجام شده، بدین شکل نبوده است. ولی در مطالعه حاضر روشی نسبتاً جامع جهت طبقه بندی واحدهای فرایندی از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ طراحی گردید که تمامی جنبه‌ها و پارامترهای خطر در یک واحد فرایندی از جمله گرمای واکنش‌ها، اشتعال و حریق، انفجار، فعل و انفعالات شیمیایی، سمیت، خورندگی، میزان مواد موجود در فرایند (درون و بیرون محدوده سایت)، دما و فشار فرایند، ایمنی تجهیزات درون و بیرون سایت و شرایط کلی ایمنی سازه فرایندی را در نظر می‌گیرد. سپس برای لحاظ نمودن کنترل‌های اعمال شده در جهت رفع خطرات یکی از مهم‌ترین لایه‌های دفاعی سازمان یعنی برنامه مدیریت شرایط اضطراری در نظر گرفته شده و به‌صورت کمی مورد ارزیابی قرار گرفت که این مسئله نیز به‌خودی‌خود از اهمیت بالایی در یک سازمان برخوردار است و می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در هنگام بروز حوادث یا پیشگیری از آنها ایفا کند همچنین بررسی آن می‌تواند سازمان را در جهت بهبود شرایط مدیریت و آمادگی در شرایط اضطراری یاری نماید. موارد در نظر گرفته شده در شاخص طراحی شده در هیچ‌کدام از شاخص‌های مذکور در کنار هم و با جامعیت مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. همچنین شاخص مذکور به طور هم‌زمان هم خطرات واحدها را ارزیابی می‌نماید هم اقدام کنترلی موجود را مورد بررسی قرارداده و حفره‌های موجود در برنامه مدیریت شرایط اضطراری سازمان را مشخص مینماید. در نهایت در این مطالعه شاخصی نسبتا جامع و کاربردی از شاخص‌های موجود ارائه گردیده و میتواند تصویری کلی و فوری از وضعیت

1 Hazard Identification and Ranking Analysis
2 Safety Weighted Hazard Index
3 Integrated Inherent Safety Index
4Inherent safety potential index
5 The hazard index

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

واحدها در اختیار ما قرار دهد.

از این شاخص می توان بصورت کاربردی در جهت ارزیابی خطرات واحدهای مختلف یک صنعت یا ارزیابی خطرات مختلف چند صنعت نزدیک یکدیگر استفاده نمود و از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ طبقه بندی نمود تا در نهایت بتوان اقدامات پیشگیرانه و کاربردی را برای هر کدام برنامه ریزی و اجرا نمود.

۴-۱) تعیین خطرات با روش ISI در واحدهای تولیدی

نتایج (جدول ۴) نشان داد که میزان شاخص ایمنی ذاتی در واحد بنزن_تولوئن برابر با مقدار ۳۸ بود و بیشترین میزان خطرات را در میان واحدهای تولیدی به خود اختصاص داده بود که این امر به دلیل گرمای بالای واکنش اصلی در این واحد، وجود بنزن در میان مواد موجود در این واحد، میزان مواد موجود در فرایند در درون و بیرون سایت، دما و فشار بالای فرایند در این واحد بود. نتایج (جدول۵) نشان داد که میزان شاخص ایمنی ذاتی در واحد زایلین برابر با مقدار ۳۵ بود و دومین رتبه را در میان واحدهای تولیدی به خود اختصاص داده بود که این امر به دلیل گرمای زیاد واکنش اصلی، میزان مواد موجود در فرایند در درون و بیرون سایت، دما و فشار بالای فرایند در این واحد بود. همچنین نتایج (جدول ۶) نشان داد که میزان شاخص ایمنی ذاتی در واحد انیدرید فتالیک برابر با مقدار ۳۴ بود و کمترین میزان خطرات در میان واحدهای تولیدی را به خود اختصاص داده بود که این امر به دلیل گرمای پایین واکنش اصلی در این واحد، میزان موجودی کمتر مواد در فرایند درون سایت و فشار کم فرایند در این واحد بود.

در مطالعه انجام شده توسط سرخیل و همکارانش در سال ۱۳۹۵ خطرات فرآیند تولید استیک اسید با شاخص ایمنی ذاتی مورد بررسی قرارگرفت و در آن واحد تولید اسید استیک به دو بخش واکنش (رآکتور، ناحیه جداکننده و اسکرابر) و فرآیند های تقطیری تقسیم شد و هر دو بخش به صورت جداگانه مورد آنالیز قرار گرفتند. در این ارزیابی ها امتیاز کل شاخص ایمنی ذاتی برای بخش واکنش به مقدار ۲۹ و شاخص ایمنی بخش تقطیر به مقدار ۱۹ تعیین شد و این خود نشان داد که بخش فرآیند تقطیر در مقایسه با بخش واکنشی در فرآیند تولید استیک اسید ایمن تر بود. در مطالعه حاضر نیز واحدهایی که دارای راکتورها با واکنش های مهم تر و خطرناک تر همچنین گرمای بالای واکنش بودند(واحد بنزن-تولوئن و زایلین) مقدار شاخص در آن ها بالاتر به دست آمد و از این نظر نتایج با مطالعه ذکر شده همخوانی داشت(۲۱).

در مطالعه انجام شده توسط Angel Darío González-Delgado و همکارانش در سال ۲۰۲۱ خطرات موجود در سه واحد یک کارخانه تولید بیودیزل با روش شاخص ایمنی ذاتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فرایندها به طور ذاتی ناایمن بودند و به نمرات شاخص ایمنی ذاتی کل ۳۰، ۲۹ و ۳۶ برای واحدها دست یافتند. خطرات اصلی در موارد مربوط به شاخص ایمنی شیمیایی بود. شرایط عملیاتی هیچ خطری را برای واحدهای ۱ و ۲ نشان نداد، درحالی که برای واحد ۳ فشار و دما به‌عنوان متغیرهای بحرانی شناسایی شدند. به‌طورکلی، واحد ۲ از نظر ایمنی عملکرد بهتری داشت. در مطالعه حاضر خطرات اصلی مربوط به هر دو شاخص ایمنی شیمیایی و ایمنی فرایند (شرایط عملیاتی) بود و در هر سه واحد هر دو این شاخص‌ها سهم تقریباً برابری در مقدار شاخص ایمنی ذاتی کل داشتند. در مطالعه انجام شده نیز فرایندها به طور ذاتی ناایمن بودند و نمرات شاخص ایمنی ذاتی کل برای واحدها مقادیر بالایی به دست آمد و از این نظر نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر با مطالعه مذکور همخوانی دارد(۲۲).

۴-۲) ارزیابی کمی برنامه مدیریت شرایط اضطراری

نتایج (جدول ۷) نشان داد میزان امتیاز حاصل از ارزیابی کمی برنامه مدیریت شرایط اضطراری برابر با عدد ۴۶ برای این صنعت بود. به دلیل برنامه‌ریزی درست، مدیریت صحیح و عملیاتی بودن طرح‌ها در حوزه‌های ارزیابی ریسک، مانور، ارزیابی آمادگی کارگاهی، کمیتهٔ اضطراری، هماهنگی و ارتباط با منابع خارجی و تشکیل جلسه کمیتهٔ اضطراری پس از اعلام شرایط عادی سازمان بیشترین امتیازها را در این موارد کسب نموده و از نظر سیاست‌های موجود در این راستا در وضعیت مطلوبی قرار داشت. اما حوزه‌های آموزش دررابطه‌با شرایط اضطراری، اطلاع رسانی شرایط اضطراری، اقدامات و نحوه مقابله با شرایط اضطراری و پاکسازی محل حادثه نزدیک به حالت مطلوب بود و نیاز به برنامه‌ریزی صحیح و فعالیت‌های مناسب است تا سازمان در این حوزه‌ها نیز به شرایط مطلوب دست پیدا کند. در مطالعه انجام شده توسط احمدی گهر و همکارانش در سال ۱۳۹۵ جهت تدوین چک‌لیست‌های ابتدایی از استاندارد ایزو ۲۲۳۹۹ استفاده شد. یک تیم ممیزی تشکیل شده و مجتمع آموزشی دانشگاه علوم پزشکی را بر اساس پنج سرفصل اصلی: طرح‌ریزی، منابع، ساختار سازمانی،

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

ارتباطات و شناسایی سناریوها مورد ارزیابی قرارداد. نحوه نمره دهی هم بر اساس یک مقدار عددی از ۰ تا ۳ طراحی شد. اصول کلی مورداستفاده در نمونه‌برداری هم بر اساس جمع‌آوری شواهد و مقایسه آن با معیارهای ممیزی بود. وضعیت آمادگی مجتمع آموزشی دانشگاه علوم پزشکی همدان در برابر شرایط اضطراری در هیچ یک از سرفصل‌های اصلی مورد بررسی مناسب قلمداد نشده و حداقل نمره کسب نگردید. کمترین نمره مربوط به شناسایی و ارزیابی سناریوها و بیشترین نمره هم به منابع موجود مربوط می‌شد. در مطالعه حاضر ممیزی بر اساس ده سرفصل اصلی انجام شد و در شش سرفصل اصلی مورد بررسی نمره مطلوب کسب گردید و در چهار سرفصل دیگر نمره نزدیک به شرایط مطلوب کسب گردید که با مطالعه ذکر شده همخوانی چندانی نداشت(۲۳).

۳-۴) میزان شاخص تدوین شده در هر واحد

نتایج نشان داد (جدول ۸) میزان شاخص طراحی شده در واحد بنزن - تولوئن با مقدار ۰/۸۲ بیشترین مقدار را در میان واحدهای تولیدی دارا بود زیرا وجود مواد خطرناک‌تر در این واحد از جمله بنزن، پلاتفرمیت، تولوئن و... دلیل بیشتر بودن میزان شاخص در این واحد بود، همچنین به دلیل وسعت بیشتر این واحد، وجود تجهیزات متعدد با حجم ذخیره سازی بالای مواد و محل قرارگیری ابن واحد میان دو واحد دیگر میزان مواد موجود در فرایند در درون و بیرون سایت بسیار بیشتر از دیگر واحدها بود، همچنین دما و فشار بالای فرایند در این واحد نیز دلیل دیگر بالاتر بودن میزان شاخص در این واحد بود.

نتایج نشان داد (جدول ۸) میزان شاخص طراحی شده در واحد زایلین با مقدار ۰/۷۶ دومین رتبه را در میان واحدهای تولیدی دارا بود. از دلایل این موضوع بالا بودن میزان مواد موجود در فرایند در درون این واحد بود. همچنین به دلیل مجاورت آن با واحد بنزن - تولوئن میزان موجودی مواد بیرون از واحد نیز بسیار زیاد بود. همچنین یکی دیگر از عوامل بالا بودن میزان شاخص در این واحد دما و فشار بالای فرایند بود.

در واحد انیدرید فتالیک نتایج به‌دست‌آمده نشان داد (جدول ۸) میزان شاخص با مقدار ۰/۷۳ آخرین رتبه را در میان واحدهای تولیدی دارا بود و شاخص کمترین میزان را داشت. زیرا گرمای واکنش اصلی در این واحد پایین بود. میزان موجودی کمتر مواد درون سایت و فشار کم فرایند در این واحد از دیگر دلایل کمتر بودن میزان شاخص نسبت به بقیه واحدها بود. ولی میزان گرمای واکنش جانبی، وجود انیدرید فتالیک، جنس تجهیزات، میزان موجودی مواد درون و بیرون سایت و دمای فرایند از عواملی بود که باعث شده میزان خطرات و در نهایت شاخص محاسبه شده برای این واحد تفاوت چندانی با دیگر واحدها نداشته باشد و در هر سه واحد میزان شاخص تقریباً نزدیک به هم به دست آمد و نشان‌دهنده وجود خطرات مختلف شیمیایی و فرایندی در تمام واحدهاست.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، پس از تدوین جدید، سطح ریسک در هر واحد محاسبه و شاخص طراحی شده برای همه واحدها به‌دست آمد. این امر امکان بررسی و مقایسه واحدها را به صورت جامع و با جزئیات کامل در مورد هر یک از زیر شاخص‌ها فراهم کرد. اطلاعات مورد نیاز برای تخمین این شاخص در واحدهای فرایندی قابل دسترسی و اندازه‌گیری است. بنابراین، با دریافت آنها از واحد فرایند، می‌توان شاخص را محاسبه کرد. اجرای این تحقیق اولین تلاش بعنوان نمونه عملی، برای محاسبه این تکنیک در یک صنعت پتروشیمی در ایران است و از این رو حائز اهمیت می باشد. در رابطه با محدودیت های این مطالعه می توان از محدودیت های زمانی موجود، محدودیت های مالی، عدم امکان هماهنگی همزمان چند صنعت و مشکلات مربوط به هماهنگی صنعت پتروشیمی و اخذ تاییدیه های مورد نیاز اشاره نمود. لازم به ذکر است اجرای مطالعه موردی حاضر و ارزیابی کاربرد پذیری شاخص جهت اجرا در چند صنعت مجاور برنامه ریزی گردیده بود اما بدلیل وجود محدودیت های فراوان در هماهنگی همزمان چند صنعت و عدم اخذ تاییدیه های لازم این امکان فراهم نشد و مطالعه حاضر تنها در یک صنعت پتروشیمی اجرا گردید. همچنین نقاط قوت این مطالعه را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد: ۱) طراحی و ارائه یک شاخص جدید جهت طبقه بندی واحدها یا صنایع از نظر احتمال وقوع حوادث بزرگ ۲) اجرای یک مطالعه موردی با شاخص تدوین شده در یکی از صنایع پتروشیمی ایران ۳) امکان شناسایی نقاط ضعف برنامه مدیریت شرایط اضطراری توسط صنعت مورد نظر.

بنابراین، این مطالعه، دیدگاه جدیدی را در مورد اولویت‌بندی واحدها نسبت به انجام اقدامات کنترلی، در اختیار مدیران و مسئولان واحد بهداشت، ایمنی و محیط

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

زیست (HSE) این صنعت قرار داد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل یک پروژه تحقیقاتی تایید شده توسط مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ایران (شماره ثبت ۳۰۵۸۶) و کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1400.140 می باشد. از مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ایران قدردانی می شود.

حمایت مالی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی) است. جدا از کمک‌های اطلاعاتی، ارائه محیط و داده‌های صنعت مورد نظر به تیم تحقیقاتی، هیچ حمایت مالی خارجی برای این تحقیق انجام نشده است.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله حاصل یک پروژه تحقیقاتی تایید شده توسط مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ایران (شماره ثبت ۳۰۵۸۶) و کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1400.140 می باشد. موضوعات اخلاقی شامل سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار، جعل داده ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر بطور کامل توسط نویسندگان رعایت شده است.

کد اخلاق

IR.SBMU.PHNS.REC.1400.140.

مشارکت نویسندگان

مریم عشوری (دانشجو): اجرای پروژه، جمع‌آوری داده‌ها، نگارش ساختار مقاله.

داود اسکندری (*نویسنده مسئول و استاد راهنما): هماهنگی پروژه و صنعت، راهنمایی دانشجو و مشارکت در ویرایش مقاله.

علیرضا حاجی قاسمخان (استاد مشاور): مشاور، همراهی با تیم تحقیقاتی و ارائه راهنمایی‌های لازم.

فریدون لعل: مشارکت در ویرایش بخش‌هایی از مقاله

دسترسی آزاد

کپی‌رایت نویسنده(ها) ©2026: این مقاله تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 اجازهٔ استفاده، اشتراک‌گذاری، اقتباس، توزیع و تکثیر را در هر رسانه یا قالبی مشروط بر درج نحوهٔ دقیق دسترسی به مجوز CC، منوط به ذکر تغییرات احتمالی بر روی مقاله می‌داند. لذا به استناد مجوز یادشده، درج هرگونه تغییرات در تصاویر، منابع و ارجاعات یا سایر مطالب از اشخاص ثالث در این مقاله باید در این مجوز گنجانده شود، مگر اینکه در راستای اعتبار مقاله به اشکال دیگری مشخص شده باشد. در صورت درج نکردن مطالب مذکور و یا استفادهٔ فراتر از مجوز بالا، نویسنده ملزم به دریافت مجوز حق نسخه‌برداری از شخص ثالث است.

به‌منظور مشاهدهٔ مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 به نشانی زیر مراجعه شود:

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

REFERENCES

1. Sadeghi A, Jabbari Gharabagh M, Rezaeian M, Alidoosti A, Eskandari D. Fire and explosion risk assessment in a combined cycle power plant. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2020;39(6):303-11.
2. Aliabadi MM, Esmaeili R, Mohammadfam I, Ashrafi M. Application of a standardized plant analysis risk-human reliability method to pipeline inspection gauge operations. J Occup Hyg Eng. 2019;6(3):34-43.
3. Mohammadfam I, Bastani S, Esaghi M, Golmohamadi R, Saee A. Evaluation of coordination of emergency response team through the social network analysis. Case study: oil and gas refinery. Safety and health at work. 2015;6(1):30-4.
4. Shirali GA, Hosseinzadeh T, Kalhori SRN. Modifying a method for human reliability assessment based on CREAM-BN: A case study in control room of a petrochemical plant. MethodsX. 2019;6:300-15.
5. Prugh RW. Life-safety concerns in chemical plants. Process Safety Progress. 2016;35(1):18-25.
6. Klein JA, Vaughen BK. Process Safety: Key Concepts and Practical Approaches: CRC Press; 2017.
7. Chikhalikar AS, Jog SH. A review of methodologies for safety and hazard management in chemical industries. ChemBioEng Reviews. 2018;5(6):372-90.
8. Lees F. Lees' Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control:

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]

Butterworth-Heinemann; 2012.
9. Si H, Ji H, Zeng X. Quantitative risk assessment model of hazardous chemicals leakage and application. Safety science. 2012;50(7):1452-61.
10. Khan FI, Husain T, Abbasi SA. Safety weighted hazard index (SWeHI): a new, user-friendly tool for swift yet comprehensive hazard identification and safety evaluation in chemical process industrie. Process Safety and Environmental Protection. 2001;79(2):65-80.
11. Heikkilä A-M. Inherent safety in process plant design. VTT Publ. 1999;384:1-132.
12. Nezamodini Z, Rezvani Z, Kian K. Fire and explosion risk assessment in a process unit using Dow's Fire and Explosion Index. Journal of Health and Safety at Work. 2015;4(4):29-38.
13. Khan FI, Sadiq R, Amyotte PR. Evaluation of available indices for inherently safer design options. Process Safety Progress. 2003;22(2):83-97.
14. Mortazavi S, Parsarad M, Mahabadi HA, Khavanin A. Evaluation of chlorine dispersion from storage unit in a petrochemical complex to providing an emergency response program. Iran Occupational Health. 2011;8(3).
15. Abbassinia M, Kalatpour O, Soltanian AR, Mohammadfam I, Ganjipour M. Determination and score of effective criteria to prioritize emergency situations in a petrochemical industry. Occupational Hygine and Health Promotion Journal. 2019;3(1):16-25.
16. Abbassinia M, Kalatpour O, Motamedzadeh M, Soltanian A, Mohammadfam I. The application of lean production in reducing human error and improving response in emergencies: A case study in a petrochemical industry. Iranian Journal of Ergonomics. 2020;8(2):39-49.
17. Khan FI, Abbasi S. Multivariate hazard identification and ranking system. Process Safety Progress. 1998;17(3):157-70.
18. Khan FI, Amyotte PR. I2SI: a comprehensive quantitative tool for inherent safety and cost evaluation. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2005;18(4-6):310-26.
19. Heikkilä A-M. Inherent safety in process plant design: an index-based approach: VTT Technical Research Centre of Finland; 1999.
20. Asgharizadeh E, Ghasemi A, Behrouz M. Accident assessment based on controlled indicators of safety performance by EVAMIX. Journal of Emergency Management. 2014;3(1):57-63.
21. Sarkheil H, Tavakoli J, Rezvani S. Inherent safety process assessment in the initial phase of the chemical design process: the case of acetic acid production process. Safety promotion and injury prevention (Tehran). 2016;4(1):63-8.
22. González-Delgado AD, García-Martínez JB, Barajas-Solano AF. Evaluation of Algae-Based Biodiesel Production Topologies via Inherent Safety Index (ISI). Applied Sciences. 2021;11(6):2854.
23. Karimi S, Kalatpour O. Evaluation of the Emergency Preparedness Level at Training Complex of Hamadan University of Medical Sciences through Using ISO 22399: 2003. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2017;3(4):46-52.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/ioh.23.1.6]