Iran Occupational Health

Iran Occupational Health. 2021 (01 Oct);18: 19

Original Article

http://ioh.iums.ac.ir

Risk Assessment of Ilam Gas Refinery Storage Tanks using Safety Weighted Hazard Index (SWeHI) and Recommendation of Required Control Measures

Fakhradin Ghasemi, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Abadan University of Medical Sciences, Abadan, Iran and Department of Ergonomics, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Mohammad Kurdestani, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Abadan University of Medical Sciences, Abadan, Iran and Department of Ergonomics, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Iraj Mohammadfam, (*Corresponding author), Professor, Health, Safety, and Environment Management Department and Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. mohammadfam@umsha.ac.ir

Abstract

Background and aims: Risk assessment is the most important tool for identifying unacceptable risks and preventing the occurrence of accidents. In this study, the Safety Weighted Hazard Index (SWeHI) was used for assessing risks associated with the storage tanks of the Ilam gas refinery company.

Methods: SWeHI, has two different parts to be determined: First, the potential hazard index (B) and second, the hazard control index (A). B can come into two forms: the fire and explosion hazards (B1) and toxic release hazard (B2). Both of these forms should be computed separately and the highest, will be considered as B. For calculating A, all the protection layers in place are assessed and quantified. The SWeHI, is calculated by dividing B by A.

Results: B1 values for atmospheric and spherical tanks were 347.31 and 269.16, and B2 values were 97.48 and 169.34, respectively. A value for all tanks was 84.31. Among factors affecting A indicator, the emergency management plan and reliability of equipment were the most challenging ones. For spherical and atmospheric tanks, the SWeHI grand scores were 3.1925 and 4.1993, respectively.

Conclusion: Compared to other similar indices, SWeHI is a more quick and straightforward technique of risk assessment and remedial measures prioritization in oil and gas industries.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Keywords

Storage Tanks

Gas Refining

Safety Index

Received: 2020/02/05

Accepted : 2021/02/14

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Oil and gas industries play an important role in the national economic of Iran. Iran has the second greatest natural gas reserves, and the fourth greatest oil reserves in the world. Therefore, there are many onshore and offshore extraction fields, refineries, and chemical process plants in this country. As these industries utilize hazardous materials in their operations, there always are risks of major process and occupational accidents, such as toxic gas release, fire, and explosion (1).

There have occurred many catastrophic accidents in these industries all around the world, such as Flixborough accident in England, Seveso in Italy, Delaware and BP Texas City in America (2–4). Likewise, several major accidents occurred in Iranian industries during recent years, such as fire and explosion in Bu Ali petrochemical company and chlorine gas release in Karoon petrochemical company. Therefore, the risk assessment and management in oil and gas industries is a major issue and must not be undervalued.

There are many techniques of assessing and managing the risks in oil and gas industries. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Hazard and Operability Study (HAZOP), Fault Tree Analysis (FTA), Event Tree Analysis (ETA), Bow-Tie Analysis (BTA)and the Bayesian network-based techniques, are some of the approaches used for assessing and managing risks in oil and gas industries (5–7). These techniques can be categorized into three groups of qualitative, semi-quantitative, and quantitative techniques. Qualitative techniques are inexpensive and easy to administer. They are not time-consuming and need the least amount of training. However, they do not offer a deep insight regarding the hazards and their effects, and they also do not offer proper control measures. Quantitative techniques, on the other hand, give us detailed information regarding the hazards and the consequences of probable accidents. However, they are more time-consuming and need specific knowledge regarding the process under consideration. The Safety Weighted Hazard Index (SWeHI) (8), is developed to assess the risk of process units in a quantitative manner. The technique is able to assess the risks associated with major process' accidents, i.e. fire, explosion, and toxic vapor dispersion.

Ilam Gas Refinery Company is located in west of Iran. The refinery receives its feed from the Chavar Gas Reservoir. Ethane, liquefied natural gas, natural gas condensate and sulfur are the main products of this refinery. The natural gas refined by this company is consumed by provinces located in the west of Iran, including Ilam, Kurdistan, and Kermanshah, as well as the Ilam Petrochemical Company. The aim of this study was to assess the risks of fire, explosion and vapor cloud dispersion in Ilam Gas Refinery Company using SWeHI.

METHODS AND MATERIALS

This cross-sectional study was conducted in Ilam Gas Refinery. Ilam Gas Refinery is located in the Ilam province. The refinery receives its feed from the Chavar Gas Reservoir. Ethane, liquefied natural gas, natural gas condensate and sulfur, are the main products of the refinery.

SWeHI was developed by Khan et al. in 2001 (8). The method is the modified version of Hazard Identification and Ranking Analysis (HIRA), and with the superiority of providing safety measures required for reducing risk factors to an acceptable level. The method is composed of two distinct divisions: the hazard potential index (B) and hazard control index (A).

In the division B, the expected damage due to fire & explosion hazards (B_1) and the expected damage due to toxic vapor dispersion (B_2), are assessed based on the process parameters (such as temperature and pressure) and equipment characteristics.

For estimating B_1, four steps should be completed;

- Step 1, Determination of the category of the unit: According to SWeHI, all units in a chemical process industry can be categorized into five groups: storage units, units associated with physical operations (such as heat or mass transfer, pumping and compression), reactors, transportation units, and others (such as boilers and furnaces). In this step, the category of the unit under consideration should be determined.
- Step 2, Determination of energy factors: In this step, three coefficients (F_1, F_2, and F_3) related to the physical and chemical energies in the unit, should be estimated. F_1 is calculated based on the chemical energy of the unit, while F_2 and F_3 are representative of the physical energy of the unit.

$$F_1 = 0.1M \times H_c / K$$

Where M is the mass of chemical (kg) or rate of mass release (kg/s), Hc is the heat of combustion,

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

and K is a constant, equal to 3.148.

$$F_2 = 1.304 \times 10^{-3} \times PP \times V$$

$$F_3 = 10^{-3} \times \left(\frac{1}{T+273}\right) \times (PP - VP)^2 \times V$$

Where, PP is the processing pressure, V is the volume of chemical under consideration, and VP is the vapor pressure of the chemical.

• Step 3, Evaluation and assignment of penalties: There are eight type of penalties to be assessed in this step: the penalty related to the temperature impact (pn_1), the penalty related to the pressure impact (pn_2), the penalty related to the adjacent hazardous units (pn_3), the penalty related to the quantity of the involved hazardous substances (pn_4), the penalty related to the flammability and reactivity of the involved substance (pn_5), the penalty related to the density of the units at the site (pn_6), the penalty related to external factors such as earthquake, flood, and so on (pn_7), and the penalty related to the proneness of the surrounding environment and population, to the accidents of the plant (pn_8).

1. Calculation of B_1. The following equations are used for calculating B_1:

$$HP = (F_1 \times Pn_1 + F \times Pn_2) \times$$

$$Pn_3 \times Pn_4 \times Pn_5 \times Pn_6 \times Pn_7 \times Pn_8$$

$$B_1 = 4.76 \times HP^{1/3}$$

Where in the above equations, HP stands for hazard potential.

Factor B_2, demonstrates the radius of area in which the death probability is 50% in the case of substance release. B_2 is calculated based on a new factor, so called G factor, and seven penalties. G factor is a function of release condition and release rate. The seven penalties are as follows: the penalty related to the temperature impact (pnr_1), the penalty related to the pressure impact (pnr_2), the penalty related to the vapor density of the involved substances (pnr_3), the penalty related to the toxicity of the involved substance (pnr_4), the penalty related to the population density in the vicinity of the unit (pnr_5), penalty related to the external factors (pnr_6, similar to pn_7), and penalty related to the vulnerability of the surrounding environment and populations (pnr_7, similar to pn_8). The following equations are used for calculating B_2:

$$G = S \times m$$

$$B_2 = a\left(\frac{G \times pnr_1 \times pnr_2 \times pnr_3}{\times pnr_4 \times pnr_5 \times pnr_6 \times pnr_7}\right)^b$$

Where in the above equations, S is assigned based on the release conditions, m is the expected release rate, and a and b are two constants, which are normally considered to be 25.35 and 0.425, respectively.

Since B_1 and B_2 are calculated, they are compared to each other, and the higher one would be considered as the hazard potential index (B).

In the division A, the hazard control index (A) is determined based on the control measures which are in place and operation. Basic process control system, detection devices, emergency control measures, system proneness to human error and equipment reliability, are the influencing factors which should be taken into account when calculating the hazard control index (A). Factor A is quantified using eight credits: emergency resource planning (cr_1), disaster management plan (cr_2), damage control measures (cr_3), process control systems (cr_4), the installed detective devices (cr_5), emergency control measures (cr_6), human factors including the human-system interaction and basic human characteristic (cr_7), and equipment reliability (cr_8).

The following equation is used for calculating A:

$$A = 0.15 \times (1 + Cr_1) \times (1 + Cr_2) \times$$

$$(1 + Cr_3) \times (1 + Cr_4) \times (1 + Cr_5) \times$$

$$(1 + Cr_6) \times (1 + Cr_7) \times (1 + Cr_8)$$

The final score of SWeHI is the ratio of B to A. As demonstrated in Figure 1, SWeHI values are categorized into five levels of none hazardous, less hazardous, moderately hazardous, hazardous, and highly hazardous.

$$SWeHI = \frac{B}{A}$$

RESULTS

Demonstrated in Table 1 and Table 2 are the information and data gathered for calculating B_1 and B_2. The storage tank farm of the company contains two atmospheric storage tanks (shown by TK-3810A and TK-3810B) used for storing C^{+5} and four spherical storage tanks (shown by TK-

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

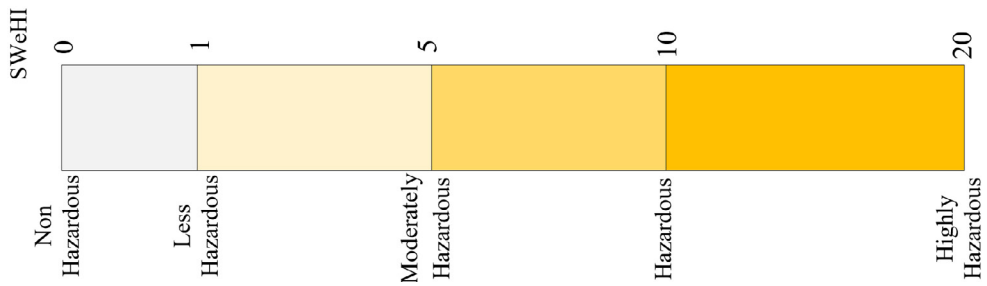


Figure 1. classification of hazards based on SWeHI values

Table 1. Penalties, coefficients, hazard potentials, and fire and explosion hazard of investigated tanks

Unit	Category	F_1	F_2	F_3	Pnr_1	Pnr_2	Pnr_3	Pnr_4	Pnr_5	Pnr_6	Pnr_7	Pnr_8	HP	B_1
TK-3810A	1	1575.79	8437.4	2075.16	1.55	1.3	1.35	2.75	2.2	1.34	2	1.1	388433.5	347.31
TK-3810B	1	1575.79	8437.4	2075.14	1.55	1.3	1.35	2.75	2.2	1.34	2	1.1	388433.5	347.31
TK-3710A	1	927.12	1414.43	3116.94	1.55	1.4	1.45	2.75	2.2	1.17	2	1.1	180813.7	269.16
TK-3710B	1	927.12	1414.43	1414.43	1.55	1.4	1.45	2.75	2.2	1.17	2	1.1	180813.7	269.16
TK-3710C	1	927.12	1414.43	1414.43	1.55	1.4	1.45	2.75	2.2	1.17	2	1.1	180813.7	269.16
TK-3710D	1	927.12	1414.43	1414.43	1.55	1.4	1.45	2.75	2.2	1.17	2	1.1	180813.7	269.16

Table 2. The results of assessing "damage resulted from toxic vapor dispersion"

Unit	Category	S	G	Pnr_1	Pnr_2	Pnr_3	Pnr_4	Pnr_5	Pnr_6	Pnr_7	B_2
TK-3810A	1	0.07	0.75	1.75	1.2	4.27	1.6	1	2	1.1	97.48
TK-3810B	1	0.07	0.75	1.75	1.2	4.27	1.6	1	2	1.1	97.48
TK-3710A	1	0.25	2.91	1.75	2.2	2.21	1.6	1	2	1.1	169.34
TK-3710B	1	0.25	2.91	1.75	2.2	2.21	1.6	1	2	1.1	169.34
TK-3710C	1	0.25	2.91	1.75	2.2	2.21	1.6	1	2	1.1	169.34
TK-3710D	1	0.25	2.91	1.75	2.2	2.21	1.6	1	2	1.1	169.34

3710A, TK-3710B, TK-3710C and TK-3710D) used for storing C^{+3}. Factor B_1 was, 347.31 and 269.16 for the atmospheric and spherical tanks, respectively. Accordingly, damages due to fire and explosion (B_1) was regarded as B. The factor B_1 was higher for atmospheric tanks in comparison with the spherical ones due to several factors. These tanks had a higher capacity than the spherical ones, therefore, the quantity of the hazardous materials, and consequently the energy factor, was higher in the atmospheric tanks. Moreover, they contained heavier hydrocarbons, which could result in a higher heat radiation during fire. The results of this section demonstrated that, the values of pn_1, pn_2, pn_3, p_{n4}, pn_5, pn_6, pn_7 and pn_8 for the atmospheric tanks were 1.55, 1.3, 1.35, 2.75, 2.2, 1.34, 2, and 1.1, respectively. The values of the same penalties for the spherical tanks also were 1.55, 1.4, 1.45, 2.75, 2.2, 1.17, 2, and 1.1, respectively. Therefore, pn_1, pn_4, pn_5, pn_7, and pn_8 were equal for all the storage tanks. Pn_2 and pn_3 related to the spherical tanks were higher than those of atmospheric tanks, which is mainly due to the higher pressure of these tanks. In contrast, pn_6 was higher for atmospheric tanks, because of the proximity of the atmospheric tanks to each other. Consequently, factor B_2 was 97.477 and 169.344 for the atmospheric and spherical tanks, respectively. Moreover, the results of this section demonstrated that, the values of pnr1, pnr2, pnr3, pnr4, pnr5, pnr6 and pnr7 for the atmospheric tanks were 1.75, 1.2, 4.27, 1.6, 1, 2 and 1.1, respectively. Likewise, the values of these penalties for the spherical tanks were also 1.75, 2.2, 2.21, 1.6, 1, 2 and 1.1, respectively. The G factor was also 0.75 for the atmospheric tanks and 2.91 for the spherical tanks. As the spherical tanks are under pressure, the rate of release would be higher for them in case of leakage. As evident, the expected damage due to the fire & explosion of the tanks was more than the estimated damage, due to their toxic properties, consequently, factor B_1 was regarded as the final B. Factor A was calculated based on the control measures which were used in the refinery's operations. Two types

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

of control measures were assessed: those used for controlling the damage potential and those used for reducing the frequency of occurrence. The values of cr_1, cr_2, cr_3, cr_4, cr_5, cr_6, cr_7 and cr_8 in the investigated company, were 1.4, 0.9, 1.3, 2.7, 1.9, 1, 1.2, and 0.1, respectively. Among these credits, the lowest values were associated with the cr_8 and cr_2, suggesting that the company should improve the reliability of the equipment used, and promote its disaster management plan. Based on the assigned credits, the value of A was calculated to be 84.31 for atmospheric and spherical tanks. The ratio of B to A, which demonstrates the final SWeHI score, was 4.12 for the atmospheric tanks and 3.19 for the spherical tanks. Therefore, all tanks posed a moderate level of risk for the refinery and surrounding environment and population.

CONCLUSION

The results of this study demonstrated that the storage tanks in the Ilam Gas Refinery pose a moderate level of risk. The major hazards of these tanks are fire and explosion. For reducing the risk level, it is recommended to improve the emergency plans based on the credible scenarios, and to inspect and calibrate the gas detectors used across the site in a regular time interval.

ACKNOWLEDGEMENT

Authors would like to thank Hamadan university of medical sciences for financial support (grant number: 970121113). Authors also would like to thank the staff of Illam Gas Refining Company for their collaboration.

CONFLICT OF INTEREST

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

How to cite this article:

Fakhradin Ghasemi, Mohammad Kurdestani, Iraj Mohammadfam. Risk Assessment of Ilam Gas Refinery Storage Tanks using Safety Weighted Hazard Index (SWeHI) and Recommendation of Required Control Measures. Iran Occupational Health. 2021 (01 Oct);18:19.

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

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

سلامت کار ایران
دوره ۱۸ - ۱۹/۱۴۰۰

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

ارزیابی ریسک مخازن پالایشگاه گاز ایلام با استفاده از شاخص خطر وزن شده ایمنی و ارائه راهکارهای کنترلی موردنیاز

فخرالدین قاسمی: استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشگاه علوم پزشکی آبادان، آبادان، ایران.
محمد کردستانی: دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت ایمنی، سلامت و محیطزیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
ایرج محمدفام: (* نویسنده مسئول) استاد گروه مدیریت ایمنی، سلامت و محیطزیست، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. mohammadfam@umsha.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: ارزیابی ریسک مهم‌ترین ابزار جهت شناسایی ریسک‌های غیرقابل‌قبول و پیشگیری از حوادث مربوط به آن می‌باشد. هدف این مطالعه ارزیابی ریسک مخازن پالایش گاز ایلام با استفاده از شاخص خطر وزن شده ایمنی به عنوان یک روش کمی ارزیابی ریسک می باشد.

روش بررسی: شاخص خطر وزن شده ایمنی دارای دو بخش شاخص خطر بالقوه (B) و شاخص کنترل خطر (A) است. بخش اول شامل خطرات حریق و انفجار (B_1) و خطر رها شدن مواد سمی (B_2) است که پس از محاسبه جرائم آن‌ها، عدد بزرگ‌تر به عنوان شاخص خطر بالقوه انتخاب می شود. برای تعیین فاکتور A انواع لایه های حفاظتی موجود ارزیابی می شوند. با تقسیم عدد بزرگ‌تر بین B_1 و B_2 بر A شاخص خطر وزن شده ایمنی محاسبه می‌گردد. بالا بودن مقدار این شاخص نشان دهنده بالاتر بودن ریسک واحد مورد بحث می‌باشد.

یافته ها: مقدار B_1 برای مخازن اتمسفری و کروی به ترتیب ۳۴۷/۳۱ و ۲۶۹/۱۶ و مقدار B_2 برای این مخازن به ترتیب ۹۷/۴۸ و ۱۶۹/۳۴ محاسبه شده است. مقدار A برای مخازن اتمسفری و کروی برابر با ۸۴/۳۱ تعیین گردید. در بین پارامترهای اثرگذار بر A، طرح مدیریت بحران و قابلیت اطمینان تجهیزات مورداستفاده دارای کمترین مقدار می باشند. شاخص خطر وزن شده ایمنی برای مخازن کروی و استوانه ای به ترتیب برابر ۳/۱۹۲۵ و ۴/۱۹۹۳ محاسبه شده که نشان دهنده خطر متوسط می‌باشد.

نتیجه گیری: در مقایسه با سایر تکنیک های مشابه، شاخص خطر وزن شده ایمنی رویکردی سریع جهت ارزیابی ریسک و اولویت بندی اقدامات اصلاحی در صنایع نفت و گاز می باشد.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*

منبع حمایت کننده: *ندارد.*

کلیدواژه‌ها
مخازن ذخیره سازی
پالایشگاه گاز
شاخص ایمنی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

شیوه استناد به این مقاله:

Fakhradin Ghasemi, Mohammad Kurdestani, Iraj Mohammadfam. Risk Assessment of Ilam Gas Refinery Storage Tanks using Safety Weighted Hazard Index (SWeHI) and Recommendation of Required Control Measures. Iran Occupational Health. 2021 (01 Oct);18:19.

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

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

مقدمه

صنایع نفت و گاز نقش کلیدی در اقتصاد کشور ایران دارند به طوری که و مهم‌ترین منبع درآمد ارزی کشور محسوب می‌شوند. با این وجود، به علت ماهیت خطرناک مواد مورداستفاده در این صنایع، همواره احتمال رخداد حوادث فرآیندی و شغلی در این صنایع بالا می‌باشد (۱). تاریخ صنایع نفت و گاز شاهد حوادث زیادی بوده است که از آن جمله می‌توان به حوادثی از قبیل فلیکسبورو[1] در انگلستان (۲۸ نفر کشته)، حادثه سوِسو[2] ایتالیا (توده گاز منتشر شده ی ناشی از انفجار با ۶ کیلومتر طول و یک کیلومتر عرض)، حادثه دلویر[3] آمریکا (انفجار تانک ذخیره بنزین)، حادثه پارتریج رالی[4] آمریکا (انفجار تانک ذخیره نفت) و حادثه آتش‌سوزی در پتروشیمی بوعلی اشاره کرد (۲-۴). از آنجایی که ارزیابی و مدیریت ریسک مهمترین و مقرون به صرفه ترین ابزار جهت پیشگیری از چنین حوادثی است، اهمیت آن ها نمی بایست در سازمان دست کم گرفته شود.

بر همین اساس، در دو دهه اخیر روش‌های مختلفی جهت ارزیابی و مدیریت ریسک این صنایع ارائه شده اند که از آن جمله می‌توان HAZOP، FMEA، درخت خطا، درخت رویداد و رویکردهای مبتنی بر شبکه های بیزین اشاره نمود. این شاخص‌ها را می‌توان به‌طورکلی در سه دسته کیفی، نیمه کمی و کمی تقسیم‌بندی نمود. استفاده از شاخص‌های کیفی نیازمند حداقل آموزش بوده و در کمترین زمان قابل‌اجرا هستند، درنتیجه استفاده از آن‌ها از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌باشد. در مقابل، شاخص‌های کمی ارزیابی ریسک نیازمند تخصیص منابع آموزشی و زمان بیشتر می‌باشند. به‌طورکلی استفاده از شاخص‌های کمی ارزیابی ریسک به علت فرآهم آوردن خروجی‌های عمیق‌تر و کامل‌تر از اقبال بیشتری در میان متخصصین امر برخوردار می‌باشد (۵-۷).

ازجمله روش های جدیدی که اخیراً توسعه‌یافته و جز روش های کمی ارزیابی تلقی می شود، روش شاخص های ریسک (مثل شاخص SWeHI[5]) است (۸). در این روش مجموعه ای از عوامل مؤثر بر ایمنی به صورت یک شاخص عددی بیان می شود که این شاخص به عنوان ملاک ارزیابی ریسک قرار می گیرد. این شاخص ها با استفاده از مقادیر عددی، تجهیزات فرآیندی با سطح ریسک بالا را شناسایی می کنند. چنانچه سطح ریسک تجهیزات از معیار موردنظر بالاتر باشد، با استفاده از سایر روش های ارزیابی ریسک (ازجمله روش های کمی) نواحی فرآیندی موردنظر از نظر ریسک به‌طور دقیق‌تر مورد واکاوی قرار می گیرند. بر اساس دانش ما فقط تعداد مطالعات بسیار محدودی از این روش برای ارزیابی ریسک استفاده کرده‌اند. با توجه به مزیت هایی که این روش در مقایسه با سایر شاخص‌های ارزیابی‌خطر دارد به نظر می‌رسد شاخص SWeHI به عنوان یک ابزار سودمند در ارزیابی و ارائه راهکارهای پیشگیرانه عمل کند (۸).پژوهشگران و محققین در این مطالعه قصد دارند با استفاده از روش SWeHI خطرات حریق و انفجار و رهایش مواد سمی مربوط به مخازن گاز را در پالایشگاه گاز ایلام بررسی کرده و راهکارهای کنترلی مناسب ارائه دهند.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک نوع پژوهش بررسی مقطعی است که به ارزیابی ریسک مخازن پالایشگاه گاز ایلام به عنوان یکی از پرخطرترین بخش‌های پالایشگاه که در معرض حوادث فرآیندی ازجمله خطر حریق و انفجار و رهایش مواد سمی شیمیایی است با استفاده از شاخص SWeHI پرداخته است (۸). این روش جهت ارزیابی ایمنی و شناسایی سریع و جامع خطرات در صنایع فرآیندی توسط خان و همکاران در سال ۲۰۰۱ معرفی شده است. این روش نسخه ی اصلاح شده روش رتبه‌بندی و شناسایی خطر (HIRA[6]) می باشد و علاوه بر این، اقدامات ایمنی موردنیاز برای کاهش آن‌ها را نیز مشخص می کند (۵). در این روش گستره کاملی از خطرات، مثل خطاهای انسانی، شرایط اضطراری، نقص در دریچه ها، فاکتورهای خارجی و... بر اساس احتمال و تعداد دفعات بروز در صنایع شیمیایی فرآیندی واکاوی و امتیازدهی شده و اقدامات ایمنی را در نمره نهایی ارزیابی لحاظ می‌کند. هم چنین در این شاخص اقدامات کنترلی در هر واحد جهت کنترل یا حذف خطرات در صنایع در نظر گرفته می شود. این روش درنهایت یک تصویر لحظه ای از واحد فرآیندی با در نظر گیری خطرات موجود در فرآیند و اقدامات ایمنی برای کنترل یا حذف آن خطرات را فراهم می آورد.

روش SWeHI شامل دو بخش شاخص خطر بالقوه (B) و شاخص کنترل خطر (A) است. بخش اول که با عنوان B از آن یاد می شود شامل خطرات حریق و انفجار (B_1) و خطر مربوط به رهایش مواد سمی شیمیایی (B_2) بوده و

1 Flixborough
2 Seveso
3 Delaware
4 Partridge-Raleigh
5 Safety Weighted Hazard Index
6 hazard identification and ranking analysis

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

با در نظر گرفتن سلسله پارامترهایی ازجمله دما و فشار، مشخصات تجهیزات و فرآیند و ... میزان این شاخص محاسبه می گردد. پس از مقایسه دو عامل بالا (سمیت شیمیایی و حریق و انفجار) عدد بزرگ‌تر به عنوان شاخص خطر بالقوه (B) انتخاب می شود. بخش دوم این روش شامل در نظر گیری فاکتورهای کنترلی موجود در فرآیند ازجمله عوامل بالقوه آسیب رسان، سامانه های کنترلی و ... می باشد. پس از محاسبه این زیر فاکتورها میزان شاخص کنترل خطر (A) به دست می آید. همان‌گونه که در رابطه ۱ نشان داده شده است با تقسیم میزان شاخص خطر بالقوه بر شاخص کنترل خطر، عدد نهایی مربوط به SWeHI به دست می آید که میزان ریسک واحد را مشخص می کند. به این صورت که، هرچه عدد حاصل بزرگ‌تر باشد واحد خطرناک تر است. لذا اقدامات کنترلی مناسب باید در جهت کم کردن صورت کسر و زیاد کردن مخرج کسر صورت گیرد. جزئیات طبقه‌بندی SWeHI در شکل ۱ آمده است. اجرای روش SWeHI بر اساس شکل ۲ می‌باشد. با شناسایی نقاط پرخطر و نقص های کنترلی صورت گرفته می توان به حذف و کاهش خطر و با ارائه راهکارهای کنترلی مناسب به مدیریت ریسک موجود پرداخت.

$$SWeHI = \frac{B}{A} \qquad (۱)$$

در رابطه ۱، B نمایانگر شاخص خطر بالقوه و A نمایانگر شاخص کنترل خطر می‌باشد.

به منظور برآورد شاخص حریق و انفجار این واحدها با استفاده از شاخص SWeHI، سه فاکتور انرژی F_1، F_2 و F_3 تعریف می‌شوند که انرژی های فیزیکی و شیمیایی را در بر می گیرند. فاکتورهای F_1، F_2 و F_3 به ترتیب با استفاده از روابط ۲، ۳ و ۴ محاسبه می شوند.

$$F_1 = 0.1M \times H_c / K \qquad (۲)$$

در رابطه ۲، فاکتور F_1 میزان انرژی مواد شیمیایی بوده، Mنشان دهنده جرم ماده شیمیایی (بر حسب کیلوگرم یا نرخ رهایش جرم بر حسب کیلوگرم بر ثانیه) است، H_C گرمای ناشی از احتراق بر حسب کیلوژول بر مول بوده وK نیز عدد ثابت معادل ۳/۱۴۸ می باشد.

دو فاکتور دیگر که بیان کننده انرژی فیزیکی می باشند نیز با استفاده از روابط ۳ و ۴ به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$F_2 = 1.304 \times 10^{-3}\ PP \times V \qquad (۳)$$

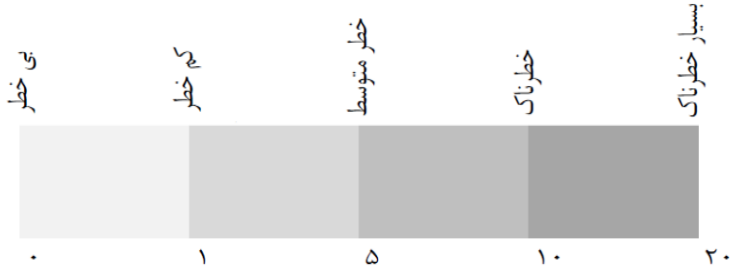
$$F_3 = 10^{-3} \times \left(\frac{1}{T+273}\right)(PP - VP)^2 \times V \qquad (۴)$$

در این روابط، PP فشار فرآیند بر حس‌ب کیلو پاسکال، VPفشار بخار بر حسب کیلو پاسکال، V حجم ماده شیمیایی بر حسب متر مکعب و T دما بر حسب درجه سانتی گراد هستند. روابط فوق بر اساس معادلات پیچیده ترمودینامیک مایعات یا گازی های تحت فشار در حالت انبساط آدیاباتیک تعریف می شوند (9). در محاسبه شاخص آسیب ناشی از حریق و انفجار عوامل مختلفی مانند: دما، فشار، فاصله از واحدهای خطرناک، میزان ظرفیت واحد و ... در نظرگرفته می شود. نحوه امتیازدهی جرائم مربوط به واحدهای ذخیره سازی مطابق مطالعه صورت گرفته توسط خان و همکاران انجام می پذیرد.

به منظور تعیین پتانسیل خطر، فاکتورهای انرژی و جرائم از طریق رابطه ی ۵ با هم ترکیب شده که در مرحله بعد با جایگذاری مقدار پتانسیل خطر در رابطه ی ۶ می توان پتانسیل آسیب یا شاخص B_1 را محاسبه کرد.

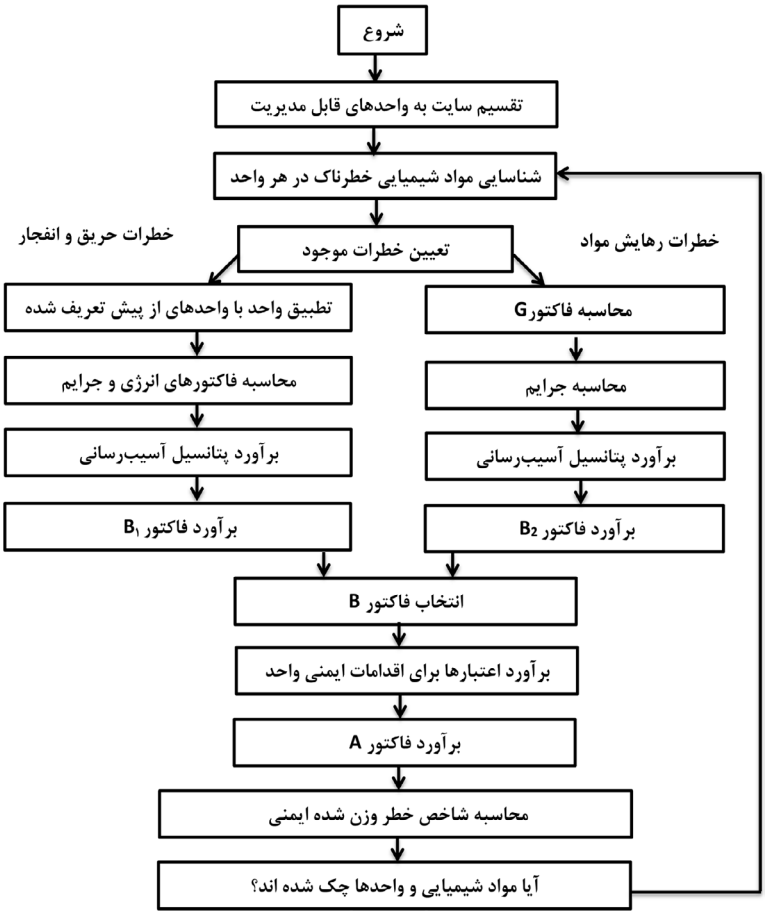
$$HP = \left(F_1 \times Pn_1 + F \times Pn_2\right) \times Pn_3 \times Pn_4 \times Pn_5 \times Pn_6 \times Pn_7 \times Pn_8 \qquad (۵)$$

$$B_1 = 4.76 \times HP^{1/3} \qquad (۶)$$



شکل ۱. دسته‌بندی خطر بر اساس مقدار عددی شاخص SWeHI

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]



شکل ۲. مراحل اجرای روش SWeHI

در روابط فوق، HP نشان دهنده پتانسیل خطر می‌باشد.

عامل B_2 شعاع منطقه ای را که رهایش مواد سمی، آن را با احتمال ۵۰ درصد مرگ‌ومیر تحت تأثیر قرار می دهد، محاسبه می کند. این شاخص همانند شاخص آسیب ناشی از مواد سمی (TDI[1]) در روش HIRA است و از مدل های تجربی و حوادث ناشی از حمل‌ونقل بر اساس مقدار ماده شیمیایی مورداستفاده در واحد، سمیت مواد، شرایط کار و عملیات، حالت فیزیکی و ویژگی های محل کار به دست می آید (۱۰).

محاسبه عامل B_2 با استفاده از یک فاکتور اصلی به نام فاکتور G و چند جریمه انجام میگردد. فاکتور G در موارد زیر محاسبه می شود:

در طول رهایش تصادفی مایع بسیار گرم از هر واحد (مایعی که در دمای بالاتر از نقطه جوش خود ذخیره یا استفاده می شود) قسمتی از آن به سرعت بخار می شود و باقی مانده آن به حوضچه هایی تبدیل شده که متعاقباً تبخیر می گردد. رهایش گازها به‌طور مستقیم منجر به پخش آن در اتمسفر شده و باعث ایجاد یک بار سمی در هوا می شود. گازهای سمی که دو حالت رهایش دارند و به دنبال آن پخش و بار سمی در هوا تشکیل می شود. جامدات سمی گرما دوست که بخارات سمی داشته و باعث تولید یک بار سمی در هوا می شوند. فاکتور G طبق رابطه ۷ کمی می شود:

$$G = S \times M \qquad (۷)$$

در این رابطه، M رهایش پیش بینی شده و بر حسب کیلوگرم بر ثانیه می باشد و میزان S به شرایط رهایش بستگی دارد که مقادیر آن برای حالات مختلف ماده رها شده (جامد، مایع، گاز و گاز مایع شده) بر اساس رتبه بندی NFPA تعیین می گردد. نحوه محاسبه این فاکتور توسط خان و همکاران توضیح داده شده است.

همان‌طور که بیان شد عامل B_2 توسط یک فاکتور به نام فاکتور G و چند جریمه برآورد می شود. فاکتور G همان فاکتور بار سمی است که به منظور بیان میزان صدمه

1 Toxic Damage Index

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

جدول ۱. رتبه‌بندی خطرات مربوط به حریق و انفجار و سمیت مواد شیمیایی بر اساس شعاع آسیب

شاخص آسیب ناشی از حریق و انفجار (FEDI)	شاخص آسیب ناشی از سمیت (TDI)	ویژگی خطر
FEDI>500	TDI>700	بی نهایت خطرناک
500> FEDI>400	700>TDI>500	بسیار خطرناک
400> FEDI>200	500>TDI>200	خطرناک
200> FEDI>100	200>TDI>50	خطر متوسط
100> FEDI>20	50>TDI>5	کم‌خطر
FEDI<20	TDI<5	بی‌خطر

سمی که به دنبال رهایش رخ می دهد مورداستفاده قرار می گیرد. چند جریمه برای تعیین شاخص B_2 تعریف‌شده است که می توان به دمای عملیاتی، فشار عملیاتی، چگالی بخار، سمیت مواد شیمیایی، ویژگی های محیط کار تعیین‌شده اشاره کرد. روش محاسبه این جرائم توسط خان و همکاران ارائه شده است. لازم به ذکر است که جرائم دما و فشار به کمک راهنماهای TCPA[1] و OSHA محاسبه می شوند و درنهایت فاکتور و جرائم با استفاده از رابطه ۸ محاسبه و ضریب B_2 به دست می آید.

$$B_2 = a\left(\frac{G\times pnr_1\times pnr_2\times pnr_3\times}{pnr_4\times pnr_5\times pnr_6\times pnr_7}\right)^b \qquad (۸)$$

در رابطه فوق a و b اعدادی ثابت هستند و به صورت تجربی با مطالعه رهایش و پخش گسترده ای از مواد شیمیایی (مانند مایعات بسیار گرم گازهای مایع شده، گازها و...) برآورد می شوند. مقادیر a و b در این مطالعه به ترتیب ۲۵/۳۵ و ۰/۴۲۵ در نظر گرفته شده اند.

پس از محاسبه شاخص های B_1 و B_2 با استفاده از جدول راهنمای HIRA می توان هر واحد فرآیندی را از نظر خطر حریق و انفجار و رهایش مواد سمی تحت عنوان شعاع آسیب مورد بررسی قرار داد (۱۱).

همان‌گونه که پیش‌تر نیز توضیح داده شد، پس از به دست آوردن B_2 از بین B_1 و B_2 عددی که بزرگ‌تر است را به عنوان شاخص خطر بالقوه انتخاب می کنیم که این عدد در صورت کسر رابطه ۱ محاسبه SWeHI قرار می گیرد.

هر صنعتی با استفاده از اقدامات ایمنی مختلف با پتانسیل ریسک برخورد می کنند. موازنه بین لایه های ایمنی و خطرات، سطح پتانسیل یک صنعت خاص را در زمان مشخص تعیین می کند. هرچه سنگینی خطر در این موازنه بیشتر باشد احتمال حادثه افزایش می یابد. اقدامات کنترل خطر باید از مرحله طراحی آغاز شود.

اقدامات ایمنی یک واحد یا فرآیند را می توان به دو گروه تقسیم کرد: ۱. اقدامات مربوط به کنترل پتانسیل‌های آسیب رسان در واحد های خاص. ۲. اقدامات مربوط به تعداد رخداد حوادث آسیب رسان.

فاکتور A از طریق عناصر مختلف اقدامات ایمنی یک صنعت و نیز دستورالعمل های ایمنی واحد یا فرآیند مطابق با رابطه ۹ محاسبه می شود:

$$A = 0.15\times(1+Cr_1)\times(1+Cr_2)\times(1+Cr_3)\times(1+Cr_4)\times(1+Cr_5)\times(1+Cr_6)\times(1+Cr_7)\times(1+Cr_8) \qquad (۹)$$

برای محاسبه A بایستی تعیین اعتبارات برای کنترل عوامل بالقوه آسیب رسان صورت پذیرد. این کار همان‌گونه که توسط خان و همکاران توضیح داده شده است در دو قسمت انجام می پذیرد. در قسمت اول تعیین اعتبارات برای کنترل عوامل بالقوه آسیب‌رسان در سه سطح انجام می شود که شامل: برنامه ی واکنش در شرایط اضطراری، برنامه ی مدیریت بحران و دیگر اقدامات کنترل آسیب می باشد. در بخش دوم اقدامات مربوط به تعداد رخداد حوادث آسیب‌رسان مورد بررسی قرار می گیرد که خود شامل ۵ سطح مختلف است: سامانه کنترل فرآیند، وسایل آشکارساز، اقدامات کنترل اضطراری، خطاهای انسانی و قابلیت اطمینان تجهیزات. جداول مربوط به اندازه‌گیری این عوامل توسط Khan توضیح داده شده است (۸).

نتایج

واحد مخازن در پالایشگاه عهده‌دار ذخیره سازی تولیدات پالایشگاه است. واحد یادشده شامل دو مخزن استوانه ای جهت نگهداری C^{+5} در فشار اتمسفریک هر کدام با ظرفیت ۳۲۳۵۲ متر مکعب و چهار مخزن کروی

1 Toxic Catastrophe Prevention Act

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

جهت نگهداری C^{+3} هر کدام با ظرفیت ۱۰۴۷ متر مکعب می باشد.

طبق آنالیزهای انجام شده به روش شاخص SWeHI برای چهار مخزن کروی میزان فاکتور انرژی شیمیایی F_1 برابر با ۹۲۷/۱۲ و دو فاکتور فیزیکی F_2 و F_3 به ترتیب۱۴۱۴/۴۳ و ۳۱۱۶/۹۴ به دست آمده اند (جدول ۲). بررسی های ما نشان داد که بالا بودن فاکتورهای موردنظر در مخازن ذکر شده به علت زیاد بودن میزان جریان، گرمای ناشی از احتراق و حجم بالای مخازن است. از طرفی فاکتورهای F_1، F_2 و F_3 برای دو مخزن استوانه ای به ترتیب ۱۵۷۵/۷۹، ۸۴۳۷/۴ و ۲۰۷۵/۱۶ محاسبه گردیده اند. میزان جریمه مربوط به دما (Pn_1) چهار مخزن کروی با توجه به دمای عملیاتی فرآیند و نقطه اشتعال و خود اشتعالی گاز بوتان برابر با عدد ۱/۵۵ می باشد. همچنین میزان این جریمه با توجه به خصوصیات اکتان موجود در مخازن استوانه ای نیز برابر ۱/۵۵ تعیین گردیده است. جریمه ناشی از فشار (Pn_2) با توجه به رتبه بندی اشتعال پذیری NFPA گاز بوتان و فشار فرآیند و با توجه به نمودار تعیین جریمه فشار مشخص گشته که عدد ۱/۴۵ به دست آمده است، این در حالی است که این جریمه برای مخازن استوانه عدد ۱/۳ بوده که میزان بسیار بالایی را نشان نمی دهد. جریمه مربوط به نزدیک ترین واحد خطرناک (Pn_3) تابع میزان فاصله بوده و از طریق نمودار مربوط به این جریمه تعیین شده که درنهایت با توجه به فاصله ۲۰ متری مخازن کروی از همدیگر میزان این جریمه برابر ۱/۴۵ به دست آمده است. در مخازن استوانه‌ای این فاصله برابر ۳۷ متر بوده که میزان جریمه ۱/۳۵ را نشان می دهد. ظرفیت مخزن (Pn_4) تابعی از مقدار ماده بر حسب تن است که روش مربوطه میزان این جریمه برای هر دو نوع مخزن کروی و استوانه‌ای عدد ۲/۷۵ به دست آمده که بالاترین میزان جریمه برای تعیین خطر بالقوه ناشی از حریق و انفجار را به خود اختصاص می دهند. برای جریمه ناشی از ویژگی اشتعال پذیری و واکنش‌پذیری (Pn_5) مجدداً از لوزی رتبه‌بندی خطر NFPA استفاده شده است که برای هر دو نوع مخزن کروی و استوانه ای برابر با ۲/۲ می باشد. جریمه مربوط به سطح واحد (Pn_6) تابع سطح اشغال شده توسط واحد در شعاع ۳۰ متری آن به دست می آید که برابر به ۱/۱۷ بوده و این جریمه برای مخازن استوانه‌ای ۱/۳۴۲ محاسبه گردیده است. دو جریمه ناشی از حوادث طبیعی مثل زلزله و طوفان (Pn_7) و آشوب ها نژادی و برخوردهای گروهی (Pn_8) برای همه مخازن یکسان بوده و به ترتیب برابر ۲ و ۱/۱ محاسبه شده اند. نتیجه پتانسیل خطر برای مخازن کروی ۱۸۰۸۱۳/۷ را نشان می دهد که درنتیجه آن، عدد ۲۶۹/۱۶۴ مربوط به پتانسیل آسیب

جدول ۲. نتایج جرائم و شاخص آسیب ناشی از حریق و انفجار در واحد ذخیره سازی پالایشگاه گاز ایلام

نام واحد	طبقه‌بندی	F_1	F_2	F_3	Pn_1	Pn_2	Pn_3	Pn_4	Pn_5	Pn_6	Pn_7	Pn_8	H.P	B_1
TK-3810A	1	1575/79	8437/4	2075/16	1/55	1/3	1/35	2/75	2/2	1/34	2	1/1	388443/5	34/317
TK-3810B	1	1575/79	8437/4	2075/14	1/55	1/3	1/35	2/75	2/2	1/34	2	1/1	388443/5	34/317
TK-3710A	1	927/12	1414/43	3116/94	1/55	1/4	1/45	2/75	2/2	1/17	2	1/1	180813/7	26/169
TK-3710B	1	927/12	1414/43	1414/43	1/55	1/4	1/45	2/75	2/2	1/17	2	1/1	180813/7	26/169
TK-3710C	1	927/12	1414/43	1414/43	1/55	1/4	1/45	2/75	2/2	1/17	2	1/1	180813/7	26/169
TK-3710D	1	927/12	1414/43	1414/43	1/55	1/4	1/45	2/75	2/2	1/17	2	1/1	180813/7	26/169

جدول ۳. نتایج جرائم و شاخص آسیب ناشی از رهایش مواد سمی و شیمیایی در واحد ذخیره سازی پالایشگاه گاز ایلام

نام واحد	طبقه‌بندی	S	G	Pnr_1	Pnr_2	Pnr_3	Pnr_4	Pnr_5	Pnr_6	Pnr_7	B_2
TK-3810A	1	0/07	0/75	1/75	1/2	4/27	1/6	1	2	1/1	97/48
TK-3810B	1	0/07	0/75	1/75	1/2	4/27	1/6	1	2	1/1	97/48
TK-3710A	1	0/25	2/91	1/75	2/2	2/21	1/6	1	2	1/1	169/34
TK-3710B	1	0/25	2/91	1/75	2/2	2/21	1/6	1	2	1/1	169/34
TK-3710C	1	0/25	2/91	1/75	2/2	2/21	1/6	1	2	1/1	169/34
TK-3710D	1	0/25	2/91	1/75	2/2	2/21	1/6	1	2	1/1	169/34

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

ناشی از حریق و انفجار محاسبه می شود. از طرفی عدد پتانسیل آسیب برای مخازن استوانه ای برابر ۳۸۸۴۴۳/۵ است که درنهایت مبین عدد بالای ۳۴۷/۳۱ مربوط به پتانسیل آسیب ناشی از حریق و انفجار می باشد. این نتایج در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

میزان فاکتور G با توجه به میزان رتبه‌بندی فاکتور سلامت NFPA ماده شیمیایی و میزان نرخ رهایش محاسبه شده، که این فاکتور برای مخازن کروی ۲/۹۱ و برای مخازن استوانه ای ۰/۷۵۴ به دست آمده است (جدول ۳). جریمه ناشی از دما (Pnr_1) با توجه دمای عملیاتی و نقطه خود اشتعالی محتوای مخازن برای مخازن کروی و استوانه ای برابر با ۱/۷۵ می باشد. جریمه ناشی از فشار (Pnr_2) برای مخازن کروی ۲/۲ و برای مخازن استوانه ای ۱/۲ محاسبه شده است. جریمه چگالی بخار (Pnr_3) از طریق محاسبه میزان چگالی بخار اجزای موجود در مخزن در مقایسه با چگالی بخار هوا به دست می آید که برای مخازن کروی و استوانه‌ای به ترتیب برابر ۲/۲۱۲ و ۴/۲۷۱ محاسبه شده است. جریمه سمیت ماده شیمیایی(Pnr_4) نیز با استفاده از میزان رتبه‌بندی فاکتور سلامت NFPA ماده شیمیایی محاسبه شده که برای هر دو نوع مخزن برابر ۱/۶ است. جرائم مربوط به تراکم جمعیت (Pnr_5)، فاکتورهای حوادث طبیعی(Pnr_6) و آشوب های اجتماعی(Pnr_8) نیز برای هر دو نوع مخازن برابر بوده و به ترتیب برابر ۱، ۲ و ۱/۱ محاسبه شده اند. درنتیجه میزان شاخص رهایش مواد سمی برای مخازن کروی ۱۶۹/۳۴۴ و برای مخازن استوانه‌ای ۹۷/۴۴۸ می باشد. این نتایج در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

زیر شاخص های کنترل خطر شامل ۸ اعتبار بوده که برای همه مخازن یکسان و مطابق جدول ۴ می‌باشد. مقادیر cr_1، cr_2، cr_3، cr_4، cr_5، cr_6، cr_7 و cr_8 به ترتیب برابر با ۱/۴، ۰/۹، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۹، ۱، ۱/۲ و ۰/۲ بوده است. درنتیجه کلی میزان شاخص کنترل خطر با استفاده از رابطه مربوطه برابر با ۸۴/۳۱ محاسبه گردیده است.

همان‌گونه که در جدول ۵ نشان داده شده، میزان شاخص خطر ناشی از حریق و انفجار در مخازن کروی برابر ۲۶۹/۱۶ و در مخازن استوانه ای ۳۴۷/۳۰ تعیین گردیده است. همچنین، میزان شاخص رهایش مواد شیمیایی در مخازن کروی ۱۶۹/۳۴ و در مخازن استوانه‌ای ۹۷/۴۵ می باشد. با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده از نتایج حاصل از شاخص خطر ناشی از حریق و انفجار و شاخص خطر ناشی از رهایش مواد سمی در کلیه مخازن کروی و استوانه ای میزان شاخص خطر ناشی از حریق و انفجار بیشتر از شاخص خطر ناشی از رهایش مواد سمی بوده از طرفی میزان شاخص کنترل خطر در همه مخازن برابر با عدد ۸۴/۳۱ است درنتیجه عدد نهایی ریسک به روش SWeHI برای مخازن کروی برابر ۳/۱۹ و برای مخازن استوانه ای ۴/۲۰ به دست آمده که مقایسه این اعداد با رتبه‌بندی این شاخص خطر وزن شده ایمنی، همه ی مخازن در محدوده خطر متوسط قرار می گیرند.

بحث

توسعه منابع نفت و گاز، مخاطرات جدی فرآیندی را به دنبال داشته و این صنایع را در زمره صنایع خطرناک قرار داده است. در همین راستا، چانگ و همکاران (12) با بررسی ۲۴۲ مورد از حوادث مربوط به تانک‌های ذخیره صنایع فرآیندی نشان دادند که خطر آتش‌سوزی و انفجار، مسئول بیش از ۸۵ درصد رخدادهای صنایع فرآیندی است که در موارد زیادی منجر به خسارات جبران‌ناپذیری

جدول ٤. نتایج امتیازات مربوط به شاخص کنترل خطر واحد ذخیره سازی پالایشگاه گاز ایلام

نام واحد									
مخازن	1/4	0/9	1/3	2/5	1/9	1	1/2	0/2	A
									84/31

جدول ٥. نتایج شاخص خطر وزن شده ایمنی برای واحد ذخیره سازی پالایشگاه گاز ایلام

نام واحد	B_1	B_2	B	A	SWeHI	
TK-3810A	347/31	97/45	347/31	84/31	4/12	خطر متوسط
TK-3810B	347/31	97/45	347/31	84/31	4/12	خطر متوسط
TK-3710A	269/17	169/34	269/17	84/31	3/19	خطر متوسط
TK-3710B	269/17	169/34	269/17	84/31	3/19	خطر متوسط
TK-3710C	269/17	169/34	269/17	84/31	3/19	خطر متوسط
TK-3710D	269/17	169/34	269/17	84/31	3/19	خطر متوسط

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

شده است. لذا در مطالعه حاضر پس از آشنایی با پالایشگاه گاز ایلام و طبقه بندی واحد های فرآیندی آن، از شاخص SWeHI برای شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک های حریق و انفجار و رهایش مواد شیمیایی سمی مربوط به مخازن گاز استفاده شده است .

طبق نتایج این مطالعه در واحد مخازن، تمامی واحدها از نظر حریق و انفجار در ناحیه خطرناک قرار داشتند (جدول ۱). بر اساس نتایج آنالیز حریق و انفجار (جدول ۲)، بالاترین مقدار B_1 (شاخص حریق و انفجار) مربوط به دو مخزن TK-A۳۸۱۰ و TK- B۳۸۱۰ (واحد مخازن C_8و C_7) با میزان ۳۴۷/۴۱ بود که در ناحیه خطرناک قرار می گیرند. به نظر می‌رسد وجود هیدروکربن های سنگین که به صورت مستقیم باعث بالا رفتن گرمای ناشی از احتراق این مخازن می شوند به عنوان یکی از عوامل مؤثر در نرخ بالای مقدار B_1 در این واحدها باشد. از طرف دیگر با توجه به مشاهدات ما، حجم این مخازن بالا بوده که این نیز می تواند باعث بالا رفتن فاکتور انرژی و فاکتورهای فیزیکی شده که نهایتاً باعث بالا رفتن ریسک حریق و انفجار می باشد. همان‌گونه که در جدول ذکر شده است، مقادیر F_1، F_2 و F_3 به عنوان شاخص‌های انرژی فیزیکی و شیمیایی مقادیر بالایی بوده و نتایج قبلی را تأیید می‌کند.

همسو با نتایج ما، در مطالعه‌ای که توسط ایما و همکاران (13) در سال ۲۰۱۸ با موضوع ارزیابی ریسک و برآورد خطر در واحد آمونیوم پالایشگاه انجام شد، ضریب B_1 در تانک ذخیره آمونیوم ۲۲۵/۱۸ به دست آمد که در محدوده خطرناک قرار می گیرد. در این مطالعه نیز به مانند مطالعه حاضر، دلیل بالا بودن این نرخ عواملی ازجمله میزان دبی ورودی بالا و همچنین غلظت بالای گاز آمونیوم معرفی شد.

همان‌گونه که در بخش روش ها توضیح داده شد، برای اندازه‌گیری SWeHI، علاوه بر محاسبه میزان B_1، مقادیر B_2 (شاخص رهایش مواد سمی) نیز برآورده شده و عدد بزرگ‌تر در معادله نهایی قرار می گیرد. بر اساس نتایج آنالیز رهایش مواد سمی (جدول ۳)، بالاترین مقدار B_2 مربوط به چهار مخزن TK-A۳۷۱۰، TK -B۳۷۱۰، TK-C۳۷۱۰ و TK-D۳۷۱۰ با میزان ۳۴ /۱۶۹ می باشد که در ناحیه خطر متوسط قرار می گیرند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در واحد مخازن، ۳۳/۳۴ درصد واحدها در ناحیه کم‌خطر و ۶۶/۶۶ در ناحیه خطر متوسط قرار دارند. اگرچه مقادیر B_1 بالاتر از مقادیر به‌دست‌آمده برای B_2 است اما میزان B_2 نیز به خودی خود بالاست (۸). ازجمله عوامل تأثیرگذار در بالا بودن نرخ B_2 در این واحدها می‌توان به حالت فیزیکی گاز پروپان و درنتیجه بالا رفتن فاکتور G اشاره کرد که روی‌هم‌رفته باعث بالا رفتن ریسک ناشی از رهایش مواد سمی می شود (۱۴).

اگرچه مطالعه دیگری وجود ندارد که رهایش مواد سمی را با استفاده از روش SWeHI بررسی کرده باشد، اما مطالعاتی که در آن‌ها از دیگر شاخص‌های ارزیابی ریسک استفاده شده است نشان از بالا بودن خطر رهایش مواد سمی در پالایشگاه‌های گاز می دهند که همسو با نتایج مطالعه ما می باشد. در همین راستا، در مطالعه جهانگیری و همکاران در سال ۲۰۱۰ با هدف تعیین حریم خطر رهایش مواد شیمیایی سمی در یکی از صنایع پتروشیمی کشور و به منظور به‌کارگیری نتایج آن در برنامه‌ریزی واکنش در شرایط اضطراری، جهت تعیین حریم خطر رهایش مواد شیمیایی سمی از شاخص خطر مواجهه شیمیایی (CEI) که توسط شرکت شیمیایی Dow ارائه شده است استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که از بین مخازن مواد شیمیایی مورد بررسی شامل کلر، فنول، تولوئن، اپی کلروهیدرین، کلروبنزن و کلرید هیدروژن، بیش‌ترین شاخص خطر و حریم خطر مربوط به ماده کلر با شاخص مواجهه شیمیایی ۳۴۰ و فاصله خطر ۳۳۹۹ و ۱۳۳۹ متر به ترتیب برای غلظت‌های مربوط به راهنمای برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری ۲ و ۳ بود (۱۵). همچنین چراغی و همکاران (۱۶) از شاخص مواجهه شیمیایی جهت تعیین فاصله خطر رهایش مواد سمی در پالایشگاه های گاز استفاده کردند. در این مطالعه، فاصله خطر برای بدترین سناریو ده هزار متر تعیین گردید که نشان دهنده پتانسیل بالای آسیب رسانی و اهمیت این سناریو در پالایشگاه های گاز می باشد. هر چند که چراغی و همکاران (17) در مطالعه دیگری به این نتیجه رسیدند که فاصله خطر بدست آمده از چنین شاخص هایی بیشتر از فواصل تخمین زده شده توسط نرم افزارهای مدل سازی پیامد می باشد. این یافته نشان می دهد که نتایج بدست آمده از شاخص ها ممکن است اغراق آمیز باشد که البته از نظر ایمنی مطلوب ولی از نظر امکان پذیری نامطلوب است. بر همین اساس و با توجه به اهمیت رهایش گاز سمی از تأسیسات این چنینی، یانگ و همکاران رویکرد جدیدی جهت شناسایی و دسته بندی مناطق در رهایش گازهای سمی ارائه کردند (۱۸).

طبق بررسی های صورت گرفته در پالایشگاه گاز و مطابق جدول ۴ امتیاز مربوط به شاخص کنترل خطر در همه واحدهای مخازن مشابه بوده و امتیاز نهایی آن ۸۴/۳۱ می باشد. همچنین با توجه به جداول ۲ و ۳ در ۶ واحد مربوط به قسمت مخازن در ۱۰۰ درصد واحدها

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

مقدار شاخص خطر ناشی از حریق و انفجار بیشتر از شاخص خطر ناشی از رهایش مواد سمی است. از دلایل اصلی بالاتر بودن خطر حریق و انفجار می توان به نرخ دبی بالا و حجم بالای این مخازن اشاره کرد که باعث بالا رفتن بیش از انتظار فاکتورهای انرژی و فاکتورهای فیزیکی مربوط خطر ناشی از حریق و انفجار می شود (۱۹). از طرفی میزان ظرفیت بالای این مخازن باعث بالا رفتن بیش از حد جریمه ناشی از ظرفیت واحد شده که بدین ترتیب بالاترین میزان جریمه (۲/۷۵) را به خود اختصاص داده است (۸).

براساس محاسبات شاخص SWeHI و مطابق جدول ۵، پس از انتخاب شاخص خطر بالقوه و در نظر گیری شاخص کنترل خطر مشخص شد که در ۶ واحد مربوط به بخش مخازن پالایشگاه ۱۰۰ درصد واحدها در ناحیه خطر متوسط قرار گرفته اند. بر اساس نتایج آنالیز شاخص خطر وزن شده ایمنی، بیش‌ترین مقدار این شاخص مربوط به دو مخزن کروی TK-A۳۸۱۰ و TK-B۳۸۱۰ با میزان ۱۲ /۴ می باشد. از دلایل اصلی بالا بودن شاخص SWeHI برای این واحدها، حجم بالای این مخازن (۳۲۳۵۲ مترمکعب) است که باعث بالا رفتن فاکتورهای فیزیکی شده است. همچنین این ابعاد بالا باعث افزایش بیش از حد جریمه ناشی از سطح واحد در سایت (Pn_6) می شود.

همان‌گونه که نشان داده شد، فاکتورهای انرژی فیزیکی و شیمیایی در واحد مخازن پالایشگاه ایلام بالا می باشد، لذا از طریق کاهش حجم واحدها می‌توان نرخ رهایش فاکتورهای انرژی و فیزیکی را کاهش داده و متعاقباً میزان شاخص خطر بالقوه (B) را تا نصف عدد اولیه پایین آورد. جهت جبران میزان تولید روزانه مورد انتظار پالایشگاه می توان یک خط جدید از این واحدها جهت جبران نرخ ورودی دبی رهایش استفاده کرد. از آنجایی جبران نرخ ورودی رهایش مستلزم هزینه های فنی و مالی بالای است می توان با ارتقای نقایص کنترلی که در زیر اشاره شده است جهت مدیریت ریسک این واحد عملکرد مؤثرتری داشت. عملیاتی شدن پیشنهادات زیر می تواند میزان شاخص کنترل خطر را تا عدد ۳۲۱/۸۹ بالا بیاورد که در آن صورت عدد نهایی شاخص SWeHI به زیر یک خواهد رسید که در ناحیه کم خطر قرار می گیرد. به صورت کلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اقدامات کنترلی زیر برای کاهش مؤثر ریسک واحدهای مربوطه موجود ارائه می گردند.

- ارتقای برنامه های شرایط اضطراری از طریق افزایش مانورهای پیش از حادثه از سه مانور به پنج مانور می باشد.
- توسعه و بهبود برنامه مدیریت بحران به طوری که علاوه بر پالایشگاه افراد بیرون و صنایع مجاور را نیز در برگیرد.
- نصب و کالیبره به‌موقع آشکارسازهای مواد شیمیایی قابل اشتعال، موادشیمیایی قابل‌انفجار، موادشیمیایی سمی در هر ۱۰۰ مربع از این واحدها و کاربرد آشکارساز شعله گیر در این واحدها.
- استفاده از کارکنان مسئول و پاسخ گو در این واحدها.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج شاخص SWeHI مشخص شده که میزان ریسک کل مخازن در محدوده خطر متوسط می باشند. بهبود طرح مدیریت بحران و ارتقای قابلیت تجهیزات مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی جهت بهبود وضعیت ایمنی در بخش مخازن پالایشگاه گاز ایلام می‌باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان به جهت حمایت از این طرح در قالب پایان نامه دانشجویی (شماره طرح: ۹۷۰۱۲۱۱۱۳) و کارکنان پالایشگاه گاز ایلام به جهت همکاری همه‌جانبه در فرآیند جمع‌آوری داده و اطلاعات موردنیاز کمال تشکر را دارند.

REFERENCES

1. Mohhammadfam I, Abdoli M, Ghasemi F. Risk Assessment and Management of Gas Transmission Lines , in Alamout natural gas pipeline. Jundishapur J Heal Sci. 2013;5(3):175–82.
2. Centemeri L. What kind of knowledge is needed about toxicant-related health issues? Some lessons drawn from the Seveso dioxin case. Science and Politics in a Toxic World. Berghahn Books; 2014. 134–151 p.
3. Zio E, Aven T. Industrial disasters: Extreme events, extremely rare. Some reflections on the treatment of uncertainties in the assessment of the associated risks. Process Saf Environ Prot. 2013;91(1):31–45.
4. Weber M. Some Safety Aspects on the Design of Sparger Systems for the. Process Saf Prog. 2006;25(4):326–30.
5. Khan FI, Abbasi SA. Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. J Loss Prev Process Ind. 1998;11(4):261–77.
6. George PG, Renjith VR. Evolution of Safety and Security Risk Assessment methodologies towards the use of Bayesian Networks in Process Industries. Process Saf Environ Prot. 2021;149:758–75.
7. Ghasemi F, Ghasemi A, Kalatpour O. Prediction of

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

human error probability during the hydrocarbon road tanker loading operation using a hybrid technique of fuzzy sets , Bayesian network and CREAM. Int J Occup Saf Ergon. 2021;0(0):1–11.
8. 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 industries. Process Saf Environ Prot. 2001;79(2):65–80.
9. Scheffler NE. Improved fire and explosion index hazard classification. Process Saf Prog. 1994;13(4):214–8.
10. Tyler BJ, Thomas AR, Doran P, Greig TR. Toxicity hazard index. Inst Chem Eng Symp Ser. 1994;(134):351–66.
11. Khan FI, Abbasi SA. Multivariate Hazard Identification and Ranking System. Process Saf Prog. 1998;17(3):157–70.
12. Chang JI, Lin CC. A study of storage tank accidents. J Loss Prev Process Ind. 2006;19(1):51–9.
13. Roy A, Ema SS. Comprehensive Hazard Identification and Safety Evaluation for Shahjalal Fertilizer Industry Limited Comprehensive Hazard Identification and Safety Evaluation for Shahjalal Fertilizer Industry Limited. Int Conf Mech Ind Energy Eng. 2018;(December):0–6.
14. Birk AM. Hazards from propane BLEVEs: An update and proposal for emergency responders. J Loss Prev Process Ind. 1996;9(2):173–81.
15. Jahangiri M, Parsarad A. Determination of hazard distance of chemical release in a petrochemical industry by chemical exposure index (CEI). Iran Occup Heal. 2010;7(3):55–62.
16. Cheraghi M, Bagherian-Sahlavani A, Mohammadfam I. Toxic chemical release hazard distance determination using chemical exposure index (CEI) in a gas refinery. Iran J Chem Chem Eng. 2019;38(4):273–91.
17. Cheraghi M, Bagherian-Sahlavani A, Noori H, Mohammad-Fam I. Evaluation of hazard distances related to toxic releases in a gas refinery: comparison of chemical exposure index and consequence modeling approaches. Int J Occup Saf Ergon. 2019;0(0):1–13.
18. Yang D, Chen G, Shi J, Zhu Y, Dai Z. A novel approach for hazardous area identification of toxic gas leakage accidents on offshore facilities. Ocean Eng. 2020;217(September 2019):107926.
19. Bjerketvedt D, Bakke JR, van Wingerden K. Gas explosion handbook. J Hazard Mater. 1997;52(1):1–151.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.285]