Journal of Crisis Management and Emergency Situations

1986
Imam Hossein
Comprehensive
University

4

Vol. 13
Winter 2021

Research Paper

Received:
09 October 2021
Revised:
19 November 2021
Accepted:
30 November 2021
Published:
15 January 2021
P.P: 137-161

ISSN: 2008-3564
E-ISSN: 2645-5285

Modeling the Consequences Of Benzene Leakage from Refinery Tanks with a Crisis Management Approach

Seyyed Reza Karimi [1]

Abstract

In recent years, due to the occurrence of numerous incidents such as fire and explosion in Tehran Oil Refinery and the importance of this refinery in supplying fuel needed in Tehran has been selected as a case study. The purpose of this study is to use a new method of outcome analysis to model the consequences of release, release, fire or combustion in the benzene storage tank in Tehran Oil Refinery. The type of research or attention to the purpose of research is applied. The research method is scenario modeling in terms of implementation. Data related to meteorology of the region (temperature, wind speed, relative humidity and cloud cover) were obtained from the site of the Meteorological Organization. Also, information about the geometry of the reservoirs was obtained from the processes in the Tehran oil refinery. The data analysis method was performed using ALOHA modeling software. The mean and maximum daily temperature scenarios were considered in the threat zone release. The results of fire outcome modeling showed that there is a direct relationship between the stability of the atmosphere, the volume of chemicals in the reservoir and the size of the leak with increasing the area of the threat zone in the refinery. According to the results obtained in the first scenario, the highest risk in the first zone starts up to a distance of 94 meters and continues up to 207 meters in the third zone.

Keywords: Outcome Analysis, Oil Refinery, Modeling, Tanks, ALOHA Model.

1. Ph.D. Candidate in Pollution, Imam Hossein University, Tehran, Iran

Cite this Paper: Karimi, S.R (2021). Modeling the Consequences Of Benzene Leakage from Refinery Tanks with a Crisis Management Approach. *Crisis Management and Emergency Situations*, *13*(4), 137–161.

Publisher: Imam Hussein University

© **Authors**

فصلنامه مدیریت بحران و وضعیت های اضطراری

٤

سال سیزدهم
زمستان ١٤٠٠

مدل‌سازی پیامد نشت بنزین از مخازن پالایشگاه با رویکرد مدیریت بحران

سید رضا کریمی ١

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ١٤٠٠/٠٤/٠٣
تاریخ بازنگری: ١٤٠٠/٠٨/٢٨
تاریخ پذیرش: ١٤٠٠/٠٩/٠٩
تاریخ انتشار: ١٤٠٠/١٠/٢٥
صص: ١٦١-١٣٧

شاپا چاپی: ٣٥٦٤-٢٠٠٨
الکترونیکی: ٥٢٨٥-٢٦٤٥

چکیده

در سال‌های اخیر به‌دلیل وقوع حوادث متعدی ازقبیل حریق و انفجار در پالایشگاه نفت تهران و اهمیت این پالایشگاه در تأمین سوخت موردنیاز شهر تهران، به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. هدف از انجام این پژوهش استفاده از روش نوین تحلیل پیامد جهت مدل‌سازی عواقبت ناشی از رهایش، نشر، آتش‌گرفتن یا احتراق در مخزن نگهداری بنزن در پالایشگاه نفت تهران می‌باشد. نوع پژوهش یا توجه به هدف تحقیق کاربردی است. روش پژوهش به‌لحاظ اجرا از نوع مدل‌سازی سناریو است. داده‌های مربوط به هواشناسی منطقه (دما، سرعت باد، رطوبت نسبی و پوشش ابر) از سایت سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. هم‌چنین اطلاعات مربوط به هندسه مخازن از فرآیندهای موجود در پالایشگاه نفت تهران به‌دست‌آمد. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی **ALOHA** صورت گرفته است. سناریوهای میانگین و حداکثر دمای روزانه در انتشار منطقه تهدید مدنظر قرارگرفت. نتایج حاصل از مدل‌سازی پیامد حریق نشان داد که رابطه مستقیمی بین پایداری جو، حجم مواد شیمیایی موجود در مخزن و اندازه نشتی با افزایش مساحت منطقه تهدید در پالایشگاه وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در سناریوی اول، بیشترین خطر در منطقه اول تا فاصله ٩٤ متری شروع می‌شود و تا ٢٠٧ متر در منطقه سوم ادامه دارد که این فواصل بایستی در جانمایی تجهیزات و تعمیر و نگهداری تأسیسات توسط مدیران **HSE** مجموعه موردتوجه قرار گیرد..

کلیدواژه‌ها: تحلیل پیامد؛ پالایشگاه نفت؛ مدل‌سازی؛ مخازن؛ مدل ALOHA.

١ . دانشجوی دکتری آلودگی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایراند srk.aria22@gmail.com

استناد: کریمی، سید رضا (١٤٠٠). مدل‌سازی پیامد نشت بنزین از مخازن پالایشگاه با رویکرد مدیریت بحران. *فصلنامه مدیریت بحران و وضعیت های اضطراری*، ١٣(٤)، ١٦١-١٣٧.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

نویسندگان

مقدمه

صنایع فرآیندی، یکی از پیچیده‌ترین سیستم‌ها همراه با انواع مختلفی از تجهیزات، سیستم‌های کنترلی و رویه‌های اجرایی می‌باشد. در این صنایع استفاده از مواد خطرناک به‌عنوان مواد اولیه یا محصول تولیدی کاملاً رایج است. تعاملات میان اجزای فنی، فاکتورهای انسانی و مسائل مدیریتی و سازمانی، می‌تواند منجر به بروز نقص‌ها و حوادث گردد. حوادث فرآیندی شامل حوادثی است که اغلب در صنایع فرآیندی یعنی صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و برخی واحدهای تولیدی که در آن‌ها مواد شیمیایی قابل اشتعال و سمی استفاده می‌شود، رخ می‌دهد که در یک دهه اخیر در کشور ما به‌خصوص در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، روند صعودی قابل توجهی داشته است (خطابخش و همکاران، ۲۰۱۹). امروزه هزاران ماده شیمیایی در صنایع گوناگون تولید می‌شود که بسیاری از این مواد به‌دلیل رهایش در محیط کار می‌توانند مخاطره‌آمیز باشند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸). صنایع فرآیندی جزو مراکز حیاتی هستند که گسترده فعالیت ملی دارند و وجود و استمرار فعالیت آن‌ها برای مناطقی از کشور حیاتی است و آسیب یا تصرف آن‌ها به‌وسیله دشمن، سبب اختلال کلی در اداره امور کشور می‌گردد (مودت و همکاران، ۲۰۱۹). حوادث این صنایع به‌خاطر شرایط حاد فرآیندی، مقدار زیاد مواد قابل اشتعال و انفجار، تراکم بالای تجهیزات و افراد، ازمنظر خسارت‌های جانی، مالی، زیست‌محیطی و آسیب به شهرت و آوازه شرکت،ها می‌تواند بسیار فاجعه‌آمیز و متفاوت‌تر از سایر صنایع باشد (زارعی و همکاران، ۱۳۹٦). درضمن تأسیسات فرآیندی که مقادیر زیادی مواد شیمیایی خطرناک را کنترل می‌کنند و شرایط عملیاتی دما / فشار را افزایش می‌دهند، اهداف جذابی برای حملات خارجی هستند (جورج و رنجیس، ۲۰۲۱). مخازن ذخیره‌سازی، یکی از مهم‌ترین قسمت‌ها در صنایع فرآیندی بوده که در آن نفت، محصولات پتروشیمی و طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی نگهداری می‌شود.

این مخازن در صنایع شیمیایی، حوادث بزرگ، گاه‌گاهی رخ می‌دهد (ژائو و همکاران، ۲۰۲۱). در پالایشگاه‌ها حجم زیادی از مواد شیمیایی قابل اشتعال و خطرناک را دربر می‌گیرند که همین امر باعث ایجاد پتانسیل خطرات متعددی در آن‌ها می‌شود (میرزایی علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵). تاکنون حوادث متعددی در سطح ملی و بین‌المللی رخداده‌اند که پیامدهای جانی و مالی فراوانی را به کشورهای مختلف تحمیل نموده‌اند. ازجمله این حوادث می‌توان به حادثه نشت گاز متیل‌ایزوسیانات (بوپال هند)، انفجار رآکتور چرنوبیل در اوکراین، انفجار ابر بخار پتروشیمی پاسادنا و موارد متعدد دیگر اشاره نمود. بروز چنین حوادث بزرگی در سطح جهان طی سال‌های متمادی این هوشیاری را در سطح جوامع و صنایع ایجاد کرد که تقویت سیستم‌های مدیریت شرایط اضطراری یک الزام حیاتی برای آن‌ها محسوب می‌شود (فرهادی و همکاران، ۱۳۹٦). هم‌چنین در کشور ما می‌توان به حوادث متعددی مانند: ۱) انفجار مخازن یک شرکت تولیدکننده حلال‌های صنعتی و مواد شیمیایی شازند اراک (سال ۱۳۸۷ با ۳۵ نفر کشته و ٥٤ نفر مصدوم)؛ ۲) انفجار خط لوله انتقال گاز با ۱۹ نفر کشته و مجروح؛ ۳) وقوع ۱۲ حادثه در بازه زمانی ۱٥٦ روزه در صنایع پتروشیمی (هر ۱۳ روز یک حادثه (سال ۱۳۹٥، مرگ ۳ نفر و مصدومیت ۱۲ نفر) و ٤) آتش‌سوزی مهیب مخزن پتروشیمی بوعلی سینا (حداقل خسارت مستقیم ٦۰ میلیون یورو) اشاره کرد (زارعی و همکاران، ۱۳۹٦).

بررسی خطر مرگ در اثر انتشار مواد سمی نیز در برخی از مقالات موردبررسی قرارگرفته است که در این خصوص می‌توان به مطالعه بروزوزوسکا اشاره نمود .بروزوزوسکا در پژوهشی، اثرات تصادف تانکرهای کلر را با استفاده از کامپیوتر شبیه‌سازی و یک برنامه مدل‌سازی انتشار آلودگی در محیط شهری ارائه کرده است. بروزوزوسکا در تحقیق خود نشان داد که درصورت بروز حادثه و نشت ۱۰ تن کلر، منطقه‌ای با مساحت بیش از ۲ کیلومترمربع، تحت تأثیر ابرآلودگی با غلظت‌های بالاتر از سطوح آستانه قرارگرفته و حدود ٥۰۰۰ نفر در معرض مرگ‌ومیر قرار می‌گیرند (قربانی و همکاران، ۱۳۹٦).

در جهت کنترل و کاهش خسارات ناشی از حوادث فرآینـدی از روش‌هـای مختلفـی جهت مدیریت ایمنی استفاده می‌شود. امروزه استفاده از روش‌های ارزیـابی ریسـک رشـد روزافزون دارد و اغلب از روش‌های کیفی ماننـد PHA[1]، What if، HAZID[2]، روش‌هـای نیمه‌کمی مانند FMEA[3]، LOPA[4]، ETBA[5] و ویلیام فاین بـه‌منظـور شناسـایی و ارزیـابی ریسک استفاده می‌شود. در این روش‌ها به‌دلایلی ازجملـه عـدم شناسـایی همـه خطـرات، استفاده از ماتریس ریسک، عدم مدل‌سازی پیامد، عدم تأثیر شرایط جغرافیایی به‌خصـوص شرایط آب و هوایی در پیامدهـای حـوادث و ...، انجـام مطالعـات جـامع، کمـی و دقیـق امکان‌پذیر نمی‌باشد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۲). بنـابراین روش‌هـای موجـود در هنگـام ارزیابی اثرات پیوسته چندعاملی، قادر به برآورد سریع و دقیق نیسـتند (ژائـو و همکـاران، ۲۰۲۱). کاهش خطر ایمنی در زندگی نیاز به درک عواملی دارد که بر شـدت پیامـد تـأثیر می‌گذارند؛ پس برنامه واکنش در شرایط اضطراری از فعالیت‌هـای بسـیار مهـم در منـاطق صنعتی است (براون و همکاران، ۲۰۲۱).

مدل‌سازی پیامد[6] یکی از تحلیل‌های مهندسی ایمنی است که می‌توانـد قسـمت اعظـم حوادث را پیش‌بینی کـرده و خسـارات ناشـی از آن‌را کـاهش دهـد (موحـد و همکـاران، ۱۳۹۸). مدل‌سازی و ارزیابی ریسک جهـت انتشـار مـواد خطرنـاک اغلـب بـا اسـتفاده از بسته‌های نرم‌افزاری یکپارچه‌ای انجام می‌شود که به‌دنبال مدل‌سازی پیامدهـای حـوادث و نتایج انتشار تا اثرات قابل اشتعال و سمی برروی جمعیت انسان است. ایجـاد اطمینـان در این ارزیابی‌ها مستلزم آن است که هر مرحله از محاسـبات بـه‌درسـتی مـدل‌سـازی شـود. نرم‌افزار مدل‌سازی پیامد برای انتشار تصادفی مواد شیمیایی قابل اشتعال یـا سـمی در جـو شامل مدل‌سازی تخلیه، مدل پراکندگی جو و ارزیابی اثرات قابـل اشـتعال و سـمی اسـت

1. Preliminary Hazard Analysis
2. Hazard Identification
3. Failure Modes and Effects Analysis
4. Layer of protection analysis
5. The energy trace and barrier analysis
6. consequence modeling

(ویتلوکس و همکاران، ۲۰۱۸). ازجمله نتایج مثبت مدل‌سازی و تحلیل پیامد می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. فراهم‌کردن یک محیط کار ایمن و عاری از ریسک به‌عنوان یک وظیفه اخلاقی؛
۲. درنظرگرفتن مباحث اقتصادی در حریق و توجه به این مسأله که عدم وجود یک برنامه نظام‌مند پیشگیری و کنترل حریق، باعث تحمل هزینه‌های سنگین بر هر فرآیندی می‌گردد و
۳. رعایت بحث الزامات قانونی در سیستم‌های مدیریت ایمنی.

با توجه به اهمیت و ضرورت بررسی ریسک حریق، هدف از تحقیق حاضر، تحلیل پیامد منطقه تهدید و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی تحت سناریوهای مختلف جهت مدیریت بحران می‌باشد. با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد که خلأ مطالعاتی در زمینه مدل‌سازی و ارزیابی اثرات انتشار در پالایشگاه نفت تهران وجود دارد؛ بنابراین هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی پیامد نشت بنزن از مخازن با استفاده از نرم‌افزار ALOHA[1] در صنایع فرآیندی می‌باشد.

اهداف فرعی به شرح زیر است:

۱. تعاریف مفاهیم و اصطلاحات تخصصی؛
۲. تبیین انواع مخاطرات و پیامدهای حوادث در صنعت نفت؛
۳. شناسایی انواع حریق و انفجار در محیط‌های صنعتی؛
٤. گردآوری مبانی نظری و پیشینه‌های تحقیق مرتبط با حوادث صنایع فرآیندی؛
۵. انتخاب مدل مناسب برای شبیه‌سازی حریق و انفجار در پالایشگاه؛
٦. بررسی و شبیه‌سازی سناریو میانگین دمای روزانه در افزایش منطقه تهدید بنزن و
۷. سناریو و شبیه‌سازی حداکثر دمای روزانه در افزایش منطقه تهدید بنزن.

1. Areal Locations of Hazardous Atmospheres

سؤال اصلی پژوهش این است که «مدل‌سازی پیامد نشت بنزن از مخازن پالایشگاه با رویکرد مدیریت بحران چگونه انجام می‌شود؟»

هم‌چنین سؤالات فرعی نیز به شرح زیر است:

۱. تعاریف مفاهیم و اصطلاحات تخصصی چیست؟
۲. انواع مخاطرات و پیامدهای حوادث در صنعت نفت کدام است؟
۳. انواع حریق و انفجار در محیط‌های صنعتی چطور اتفاق می‌افتد؟
٤. مبانی نظری و پیشینه‌های تحقیق مرتبط با حوادث صنایع فرآیندی چیست؟
۵. مدل مناسب برای شبیه‌سازی حریق و انفجار در پالایشگاه کدام است؟
٦. سناریو میانگین دمای روزانه در افزایش منطقه تهدید بنزن چقدر است؟
۷. تأثیر سناریو حداکثر دمای روزانه در افزایش منطقه تهدید بنزن چقدر است؟

تعاریف و ادبیات

سناریو

سناریو یکی از تکنیک‌های پایه‌ای آینده‌پژوهی است که برای تحلیل روند گذشته و تحلیل آینده کاربرد دارند و تمرکز سناریونویسی، ایجاد یا بازسازی وقایع و روندهای آینده و گذشته براساس مجموعه شواهد، داده‌ها و اطلاعات گردآوری‌شده می‌باشد. سناریوها به‌عنوان محصول آینده‌پژوهی ارزش‌هایی دارند که عبارتند از: مهیاکننده الگوهای ذهنی منسجم آینده، ساخت فرضیه‌های کلیدی، اجبار مدیران به تفکر درباره آینده، افزایش فهم و درک درباره محیط بیرونی و تشویق به تفکر راهبری و سیستمیک (هراتی و معینی‌پور، ۱۳۹۱).

بحران

بحران رویدادی است که به‌طور طبیعی، به‌وسیله بشر یا به‌طور ناگهانی یا به‌صورت فزاینده به‌وجود می‌آید و سختی و مشقتی را به جامعه انسانی تحمیل می‌نماید که برای

برطرف‌سازی و مدیریت آن، نیاز به داشتن برنامه‌ای استراتژیک و اقدامات اضطراری و فوق‌العاده است. بروز و ایجاد بحران در نقاط حساس و پرجمعیت می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به سازمان‌ها، صنایع و مجموعه‌های مدیریت شهری وارد کند (صفری و عظیمی، ۱٤۰۰).

حریق

فرآیند اکسیداسیون سریع در دماهای بالا را که با تولید محصولات گازی گرم و انتشار تشعشعات مرئی و غیرمرئی همراه است را حریق تعریف کرده‌اند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

انفجار

آزادسازی ناگهانی و شدید انرژی یا آزادشدن سریع گاز با فشار زیاد به محیط را انفجار گویند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

ارزیابی ریسک حریق

فرایندی برای تخمین و محاسبه ریسک حریق است که همراه با بررسی احتمال وقوع و شدت خسارات ناشی از بروز حریق می‌باشد و برای تعیین معیار تصمیم‌گیری، یک حد قابل قبول ریسک در آن تعریف می‌شود (گل‌محمدی، ۱۳۹۲).

مدل‌سازی پیامد

مدل‌سازی با نرم‌افزار یک روش سریع و دقیق برای پیش‌بینی میزان گسترش دامنه انتشار مواد و شبیه‌سازی پیامدهای آن است. ازآنجاکه مدل‌های ریاضی موجود برای مدل‌سازی پیامد شامل محاسبات پیچیده و بسیار زمان‌بر هستند، به‌کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌سازی اهمیت خاصی پیدا می‌کند (عمادی و همکاران، ۱٤۰۰).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

خطرات صنعت نفت

عوامل مخاطره‌آمیز در صنعت نفت به دو دسته کلی به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- خطرات ناشی از نشت نفت:

- بروز بیماری در کارگران پاک‌سازی محیط زیست از لکه‌های نفتی؛
- به‌مخاطره‌افتادن حیات دریایی (آبزیان و ...)؛
- تشدید بیماری‌های موجود هم‌چون آسم؛
- خطرات برای زنان باردار (سقط جنین و تولد نارس نوزاد) به‌وسیله استشاق ترکیبات شیمیایی؛
- اختلالات عصبی و
- بیماری‌های ریوی (همیرا آگاه، ۱۳۸۸).

۲- آتش‌سوزی‌های نفتی:

در آتش‌سوزی‌های نفتی علاوه‌بر نشت نفت بر سطح اقیانوس‌ها و اکوسیستم‌های خشکی، ذرات حبس‌شده در دود به‌سمت زمین شناور شده و درنهایت می‌تواند بر روی چشم‌ها و شش انسان تأثیرگذار باشد. در آتش‌سوزی‌های نفتی علاوه‌بر دود، مواد سمی و خطرناک نیز متصاعد می‌شوند که گاه آثار زیان‌بار آن‌ها تا مسافت‌های دور نیز محسوس است. میزان آسیب افراد از بخارات سمی فوق به میزان و شدت استنشاق افراد بازمی‌گردد. در اثر آتش‌سوزی‌های نفتی، علاوه‌بر دی‌اکسیدکربن، آب و ذرات سنگین، گازهای سمی مانند دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدازت، مونواکسیدکربن و مواد آروماتیک نفتی (PAHs[1]) وارد محیط می‌شوند. (آگاه، ۱۳۸۸).

1. Polycyclic aromatic hydrocarbons

انواع حریق و انفجار در پالایشگاه‌ها

پیامد وقوع آتش‌سوزی در محیط‌های صنعتی می‌تواند در گروه‌های زیر طبقه‌بندی گردد (احمدی و سلیمانی، ۱۳۹۳):

آتش فورانی[1]: یک آتش فورانی (جتی) زمانی اتفاق می‌افتد که یک ماده شیمیایی اشتعال‌پذیر از سوراخ یا شکافی از ظرف خود منتشر و سریع آتش بگیرد؛ مانند مشعل جوشکاری استیلن.

BLEVE[2] : انفجار بخارات گسترده حاصل از جوشیدن مایع قابل اشتعال می‌باشد. این اتفاق بیشتر در مخازن ذخیره سربسته حاوی گاز مایع رخ می‌دهد.

آتش استخری[3]: درصورتی که یک سیال قابل اشتعال در سطح زمین تجمع یابد، ازطریق جذب گرما به‌تدریج شروع به تبخیر نموده و ابر گازی در اطراف محل نشتی ایجاد می‌نماید. حضور منبع جرقه، سبب وقوع آتش استخری می‌شود. پیامدهای آتش استخری براساس میزان تشعشع ایجادشده از آن ارزیابی می‌گردد.

آتش کروی[4]: آتش کروی متشکل از مواد شیمیایی در حال جوشیدن است که در اثر نقص در مخزن به حالت اسپری و به‌صورت آئروسل در محیط اطراف پخش می‌شوند. در اثر جرقه انفجار رخ می‌دهد و به شکل توپی از آتش نمایان می‌شود.

انفجار: وقوع انفجار در یک پالایشگاه می‌تواند به‌صورت انفجار ابر گاز، آتش ناگهانی، احتراق کوتاه‌مدت که بدون موج انفجار است، انفجار فضای بسته، انفجار فیزیکی و انفجار غبار قابل اشتعال باشد.

انسان‌ها همیشه باید در برابر عوامل خارجی از خود محافظت کنند که این مسأله از دیرباز مورد بحث بوده و برای آن نیز تدابیری نیز اندیشیده شده است. این عوامل ممکن است فیزیکی، شیمیایی، جغرافیایی، طبیعی و ... باشند. هر یک از مشاغل و فعالیت‌های

1. JET FIRE
2. Boiling Liquid Expending Vapour Explosion
3. POOL FIRE
4. FIRE BALL

حرفه‌ای در شرایط خاص خود انجام می‌گیرند و این شرایط گاهی ممکن است اثرات نامطلوبی را برروی سلامت افراد مشغول به‌کار داشته باشد. در مجموع شرایطی که منجر به این اثرات نامطلوب می‌شود را تحت‌عنوان عوامل زیان‌آور محیط کار می‌دانند (سبزعلیان، ۱۳۹۲).

براساس اعلام سازمان بین‌المللی کار در هر سال، ۲۵۰ میلیون حادثه ناشی از کار اتفاق می‌افتد و درصورت تبدیل این تعداد حادثه به روز، ساعت، دقیقه و ثانیه باید بگوییم که در هر ثانیه ۸ حادثه در جهان رخ می‌دهد و اگر قربانی هر حادثه را فقط یک نفر درنظر بگیریم، مفهوم آن این است که در هر ثانیه دست‌کم سلامتی هشت نفر به خطر می‌افتد. در بسیاری از موارد ممکن است یک مورد حادثه رخ دهد ولی تلفات آن بیش از یک نفر باشد. ضمن اینکه آمار ذکرشده، آمار حوادث ثبت‌شده در سازمان‌های ذی‌صلاح است. در سلامت نیروی انسانی، حذف یا به‌حداقل‌رساندن عوامل مؤثر در ایجاد مخاطرات و حوادث بهداشت ایمنی و محیط زیست بسیار مهم است (www.ilo.org). در هر پروژه مربوط به تأسیسات و پالایشگاه‌های نفت، مجموعه‌ای از مخاطرات حریق وجود دارد که درصورت عدم پیشگیری و رفع آن مغایرت‌ها، احتمال بروز حادثه بسیار زیاد بوده و شاید خسارات مربوط به آن جبران‌ناپذیر باشد. تدوین دقیق برنامه ملی ایمنی و استقرار کامل سیستم مدیریت پیشگیرانه ایمنی، در همه اجزای صنعت ضرورتی جدی است که می‌تواند به ارتقای عملکرد کشور در این شاخص کلیدی منجر شود (عبدالرحیمی، ۱۳۹۲).

درحالی که حوادث زیادی رخ می‌دهد که هیچ مرجعی آن‌ها را ثبت نمی‌کند، هدف اصلی از اجرای پارامترهای HSE، حفظ و ارتقا در صنایع شیمیایی است؛ به‌ویژه صنایعی که از مشتقات نفتی به‌عنوان حلال استفاده می‌کنند. خطر حریق و انفجار همواره به‌دلیل قابلیت اشتعال و واکنش‌پذیری مواد، بالابودن دما و فشار عملیاتی، فراریت و قابلیت تبخیر مایعات و در پی آن، تشکیل ابری از بخارات قابل انفجار و اشتعال، اهمیت ویژه‌ای دارد.

حوادث فاجعه‌باری هم‌چون فلیکس بورو[1]، تری‌مایل آیلند[2] و بوپال[3]، نمونه‌هایی از حوادث شیمیایی به‌شمار می‌روند که به‌دنبال رهاشدن ماده در یک واحد فرایندی و انتشار آن در هوا رخ داده‌اند (جدول ۱) (نظام‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۵). حوادث واحدهای فرآیندی همواره با یک واقعه آغاز می‌شوند. چنین وقایعی می‌تواند شامل ترکیدن یا شکستن خطوط لوله، سوراخ و نشتی در مخازن ذخیره یا وقوع واکنش‌های غیرقابل‌کنترل باشد. این وقایع علاوه‌بر اینکه با ازدست‌رفتن مواد از منبع ذخیره همراه است، منجر به پخش و گسترش مواد در محیط اطراف محل حادثه می‌گردند. این مواد غالباً خصوصیات مخاطره‌آمیزی مانند سمیت یا اشتعال‌پذیری دارند که با انتشار آن‌ها، احتمال بروز حوادث ثانویه‌ای مانند آتش‌سوزی، مسمومیت و انفجار وجود دارد؛ لذا پیش‌بینی رفتار سیال بعد از رهایش و انتشار به‌منظور تخمین پیامدها و صدمات احتمالی، امری ضروری است (راهنمای نرم‌افزار Aloha، سازمان محیط زیست آمریکا).

جدول ۱. خسارات عظیم احتراق نفتی در سطح جهانی (۱۹۷۲)

محل آتش‌سوزی	آمریکا	سایر نقاط دنیا	جمع جهانی
مخازن ذخیره‌سازی	۳/۸ – ۱۵۰۰*	۹/۲٤ – ٤٥۰۰	۲۰/۳۳ – ٦۰۰۰
کارخانجات گاز	۷۷ – ٤٤	٤٤/۱ – ۸٦	۳۱/۲ – ۱۳۰
پالایشگاه‌ها	۸٤/٦ – ۲٤۷	۵۲/۲۰ – ۷۵۳	۳٦/۲۷ – ۱۰۰۰
صنایع پتروشیمی	٦۹ – ۳۸۵۰	۵/۱۰۳ – ۵۷۵۰	۵/۱۷۲ – ۹٦۰۰

* خسارات برحسب میلیون دلار می‌باشد (کوهپایی و همکاران، ۲۰۰٦)

مدل‌سازی پیامد از پیش‌بینی اثرات و عواقب ناشی از رهایش و پخش یک ماده در محیط به‌وسیله مدل‌های ریاضی است. با استفاده از روش‌های مدل‌سازی ریاضی، می‌توان اثرات حوادث را به‌صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات و اثرات سوء بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست ارزیابی کرد. پیامدهای اصلی رهایش مواد قابل اشتعال و سمی در محیط،

1. Flixborough
2. Three Mile Island
3. Bhopal

آتش‌سوزی، انفجار و نشر مواد سمی می‌باشد. مهم‌ترین تأثیرات ناشی از پیامدهای فوق عبارتند از: تشعشع ناشی از آتش‌سوزی، افزایش فشار در اثر انفجار و مسمومیت یا خفگی در اثر مواجهه با گازهای منتشرشده. مهم‌ترین کاربرد مدل‌سازی پیامد در واحدهای صنعتی، تعیین محدوده اثرگذاری حوادث بر تجهیزات فرآیندی و افراد (پرسنل شاغل در واحد صنعتی موردنظر و افراد مستقر در خارج از واحد) می‌باشد (راهنمای نرم‌افزار Aloha، سازمان محیط زیست آمریکا). در ادامه به تعدادی از پیشینه‌های مرتبط با این پژوهش پرداخته می‌شود:

در یک مطالعه تحلیلی، ارزیابی ریسک حریق را در کلیه واحدهای یک شرکت مواد شیمیایی به روش فرانک و مورگان[1] ارتقایافته انجام دادند. روایی چک‌لیست‌های ارتقایافته توسط خبرگان تأیید و پایایی آن‌ها توسط روش test retest بررسی گردید. خسارات احتمالی جانی، مالی و زیست‌محیطی درصورت بروز آتش‌سوزی محاسبه شد. ریسک همه واحدها محاسبه و براساس آن، کلیه واحدها اولویت‌بندی گردیدند. بررسی پایایی چک‌لیست‌های ارتقایافته آن‌ها نشان می‌دهد بین نتایج دو بار اندازه‌گیری‌شده، تطابق (همگنی) بالایی وجود دارد. میانگین عدد ریسک کلیه واحدها ۱۱۵/٤٥ بود که واحد تحقیق و توسعه و انبار قطعات، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عدد ریسک را داشتند. سرمایه‌های جانی ـ مالی و سرمایه‌های زیست‌محیطی در معرض خطر، به‌ترتیب بیشترین و کمترین امتیازات را داشتند (گل‌محمدی و همکاران، ۲۰۱۳).

در این مطالعه با توجه به ماهیت آسیب‌رسانی و پیامد حاصله از حریق‌های استخری، به بررسی میزان حریم و فاصله ایمن بین مخازن ذخیره‌سازی مخازن گازوئیل در یکی از پتروشیمی‌های منطقه پارس جنوبی و مقایسه با استاندارد نفت آمریکا (API[2]) پرداخته شد. نتایج این مطالعه بیانگر این مهم بود که درصورت رخ‌داد نشتی و درنتیجه ایجاد حریق استخری در یکی از این مخازن، با توجه به رعایت حدفاصل ۱۵ متری این مخازن از هم،

1. Frank- Morgan Method
2. American Petroleom Institute

شدت تشعشعات حرارتی حاصله از حریق استخری به‌منظور ایجاد تأثیرات دومینویی حریق کافی نبوده و حریق قابل کنترل می‌باشد؛ اما درصورت تجمع این نشتی‌ها و ایجاد حوضچه مواد قابل اشتعال در اطراف این مخازن، میزان تشعشعات حرارتی ایجادشده پتانسیل ایجاد انفجار یکباره را در این مخازن دارد (فروغی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۲).

این مقاله، ارزیابی کمی ریسک ایستگاه تقویت فشار رامسر را به‌عنوان مدل نمونه با ۹ مورد در منطقه انتقال گاز بررسی و ارزیابی کرد. نرم‌افزار استفاده‌شده، ALOHA می‌باشد که توسط EPA و NOAA ارائه شده است. این ارزیابی با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده نظیر فشار ماده موجود در فرآیند، دمای ماده موجود در فرآیند، فاز ماده موجود در فرایند، شرایط آب و هوایی، جهت وزش باد غالب، دو نوع شرایط پایدار جوی برای شب و روز و محل وقوع سناریو اسکرابر ایستگاه مدل‌سازی انجام شده است. محدوده خطر انفجار و آتش‌سوزی و ارائه پیشنهادهایی برای کم‌کردن خطرات بالقوه، موارد بحث‌شده در این مقاله می‌باشد (لزرفرخی، ۱۳۹۳).

در پژوهشی کاربرد نرم‌افزار ALOHA در مدل‌سازی حوادث و تحلیل پیامد بررسی شده است. مدل‌سازی به‌وسیله نرم‌افزار، یک روش سریع و دقیق برای پیش‌بینی میزان گسترش دامنه رهایش مواد و شبیه‌سازی پیامدهای آن می‌باشد. ازآنجاکه مدل‌های ریاضی موجود برای مدل‌سازی پیامد شامل محاسباتی پیچیده و بسیار زمان‌بر هستند، به‌کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌سازی در این مرحله اهمیت خاصی پیدا می‌کند. این نرم‌افزار بانک اطلاعاتی بسیار غنی (اطلاعات بیش از ۱۰۰۰ ماده شیمیایی) و محیطی ساده برای جلوگیری از اشتباهات کاربر دارد. هدف از این تحقیق آشنایی با نرم‌افزار مدل‌سازی حوادث و تحلیل پیامد ALOHA می‌باشد. ورود اطلاعات به نرم‌افزار در سه بخش Setup، site Date و Source صورت می‌گیرد. در آخر پیشنهاد می‌شود سناریوهای مختلفی با میزان نشت، شرایط آب و هوایی و مخازن متفاوت مدل‌سازی شده و راهنمایی برای مدیریت بحران در شرایط اضطراری باشد (کریمی، ۱۳۹۹).

روش‌شناسی پژوهش

پالایشگاه نفت تهران در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤١ دقیقه و ارتفاع ۱۱۹۰ متری قرار دارد. پالایشگاه نفت تهران (کیلومتر ۷ شهر ری در نزدیکی نیروگاه گازی ری)، یکی از قدیمی‌ترین پالایشگاه‌های فعال ایران است که در سال ١٣٤٧ با ظرفیت ۸۵۰۰۰ بشکه در روز راه‌اندازی شد (شکل ۱). با گسترش بی‌رویه شهر تهران، این کارخانه در مجاورت فضاهای مسکونی و اجتماعی شهری قرار گرفته است. با توجه به جهت بادهای تهران که عمدتاً از غرب به شرق می‌وزند، گسترش شهری چنان است که خانه‌های مسکونی و زمین‌های شهری و کشاورزی به همسایگی پالایشگاه رسیده‌اند (رهایی، ۱۳۹۲).

شکل ۱

مدل‌سازی پیامد از پیش‌بینی اثرات و عواقب ناشی از رهایش و پخش یک ماده در محیط به‌وسیله مدل‌های ریاضی می‌باشد. با استفاده از روش‌های مدل‌سازی ریاضی،

می‌توان اثرات حوادث را به‌صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات و اثرات سوء بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست ارزیابی کرد. پیامدهای اصلی رهایش مواد قابل اشتعال و سمی در محیط، آتش‌سوزی، انفجار و نشر مواد سمی می‌باشد. مهم‌ترین تأثیرات ناشی از پیامدهای فوق عبارتند از: تشعشع ناشی از آتش‌سوزی، افزایش فشار در اثر انفجار و مسمومیت یا خفگی در اثر مواجهه با گازهای منتشرشده. مهم‌ترین کاربرد مدل‌سازی پیامد در واحدهای صنعتی، تعیین محدوده اثرگذاری حوادث بر تجهیزات فرآیندی و افراد (پرسنل شاغل در واحد صنعتی موردنظر و افراد مستقر در خارج از واحد) می‌باشد. استفاده از نرم‌افزار های مدل‌سازی پیامد حوادث، نمونه‌ای از ابزارهای نوین در زمینه پیش‌بینی و به‌تبع آن پیش‌گیری و نهایتاً کاهش پیامدهای حوادث براساس نتایج مدل‌سازی حاصل از نرم‌افزار می‌باشد. نرم‌افزار ALOHA یکی از این نرم‌افزار های منتخب و معتبر می‌باشد که به‌صورت خاص برای برنامه‌ریزی در شرایط اضطراری ناشی از انتشار مواد شیمیایی به‌کار گرفته می‌شود (سمیعی و همکاران، ۱۳۹۷).

به‌طور کلی معمولاً باید برای استفاده از نرم‌افزار، نسخه جدید نرم‌افزار ALOHA (نسخه ۵,٤,۵,۰) انتشاریافته EPA, NOAA، چند مرحله اصلی زیر انجام گیرد:

۱. تعیین شهر یا محل انتشار ماده شیمیایی موردنظر و مشخص‌کردن زمان و تاریخ وقوع حادثه؛
۲. انتخاب ماده شیمیایی از کتابخانه اطلاعات مواد شیمیایی ALOHA؛
۳. واردکردن اطلاعات شرایط آب و هوایی منطقه و
٤. تعیین منبع و شرایط انتشار. در این مرحله درحقیقت سناریوی حادثه برای نرم‌افزار تعیین می‌شود (مثلاً آتش‌سوزی بر اثر نشت سیال از مخزن).

در انتها نرم‌افزار به ما خروجی می‌دهد. مثلاً مناطقی را که ممکن است غلظت ماده شیمیایی در آن نقاط به حدی بالا رود که برای افراد ایجاد خطر کند، نشان می‌دهد (به‌صورت شکل و با درنظرگرفتن جهت باد). کار با نرم‌افزار ALOHA با استفاده از شش

منوی اصلی آن در نوار ابزار افقی بالای صفحه انجام می‌گیرد که درحقیقت، سه پنجره مهم آن یعنی Site Data، Setup و Display در این پروژه مورد استفاده واقع شده است. این ابزارها بیشترین کاربرد را داشته و از این بین، بخش Setup اهمیت بیشتری دارد. در این پژوهش به مدل‌سازی رهایش یک ماده شیمیایی (نشتی بنزن از مخازن پالایشگاه نفت تهران) به‌وسیله نرم‌افزار ALOHA پرداخته شد. داده‌های مربوط به هواشناسی منطقه (دما، سرعت باد، رطوبت نسبی و پوشش ابر) از سایت سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. هم‌چنین اطلاعات مربوط به هندسه مخازن از فرآیندهای موجود در پالایشگاه نفت تهران به‌دست آمد.

هم‌چنین به‌دلیل اهمیت ماده بنزن در ایجاد آسیب بر سلامت انسانی، به‌عنوان ماده موجود در سناریوهای مخزن انتخاب شد. ماده بنزن یک آلاینده سرطان‌زا است که قانون اروپا برای آن سالانه محدودیت و معیارهایی را برای تعداد سایت‌های نظارت ثابت در شبکه‌های کیفیت هوا تعیین کرده است (گالان، ۲۰۲۲).

ماده شیمیایی که در این تحقیق درنظر گرفته، شده بنزن می‌باشد. بنزن مایعی است بی‌رنگ، معطر و شاید با رایحه خوب، به‌سرعت بخار می‌شود و قابلیت اشتعال فوق‌العاده بالایی دارد. این ماده در مواد پلاستیکی، رزین، نایلون، روغن‌های روان‌ساز، مواد رنگی، پاک‌کننده‌ها، سموم آفت‌کش و ... موجود است. هم‌چنین افزودن بنزن به بنزین، عدد اکتان بنزین را افزایش و احتمال کوبش موتور را کاهش می‌دهد. بنزن به‌عنوان ترکیبی سرطان‌زا شناخته است. تماس طولانی‌مدت با بنزن، تأثیرات مخربی را بر روی بافت‌های سازنده سلول‌های خون خصوصاً سلول‌های مغز استخوان می‌گذارد و باعث سرطان خون می‌گردد.

منطقه تهدید، ناحیه‌ای است که ALOHA سطح خطر را برای LOC (سطح‌های نگرانی احتراق)، بعد از شروع نشتی پیش‌بینی می‌کند. ALOHA می‌تواند چندین نوع خطر (سمیت، آتش‌گیری یا احتراق و شار حرارتی) را مدل کرده و با انتخاب نوع خطر،

سطح‌های نگرانی مربوطه را انتخاب کند. برای هر سناریو، ممکن است سه سطح نگرانی احتراق یا LOC در ALOHA وجود داشته باشد. اگر هر سه سطح انتخاب شود، ALOHA منطقه تهدید را در رنگ‌های قرمز، نارنجی و زرد در یک تصویر مجزا نشان خواهد داد. به‌صورت پیش‌فرض محدوده قرمز، بدترین نوع خطر می‌باشد. در این نوع مثال‌ها (منطقه تهدید ناشی از نشتی به‌صورت آتش استخری و آتش فورانی)، ALOHA خطر شار حرارتی را مدل می‌کند. برای پی‌بردن به منطقه تهدید ناشی از نشتی مخزن‌های پالایشگاه، سناریوهای متفاوتی از انتشار بنزن و احتمال ریسک حریق آن‌را در دو سناریوی مختلف (در حادترین حالت) مقایسه کرده و نتایج را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهیم.

این سناریوها به‌طور خلاصه شامل موارد ذیل می‌باشد:

۱. سناریوی تأثیر میانگین دمای روزانه در منطقه تهدید بنزن؛

۲. سناریوی تأثیر حداکثر دمای روزانه در منطقه تهدید بنزن.

یافته‌های پژوهش

در سناریوی اول، تأثیر میانگین دمای روزانه بر روی نشتی و منطقه تهدید مورد سنجش قرار گرفت. داده‌های هواشناسی در این سناریو در جدول ۲ نشان داده شده است.

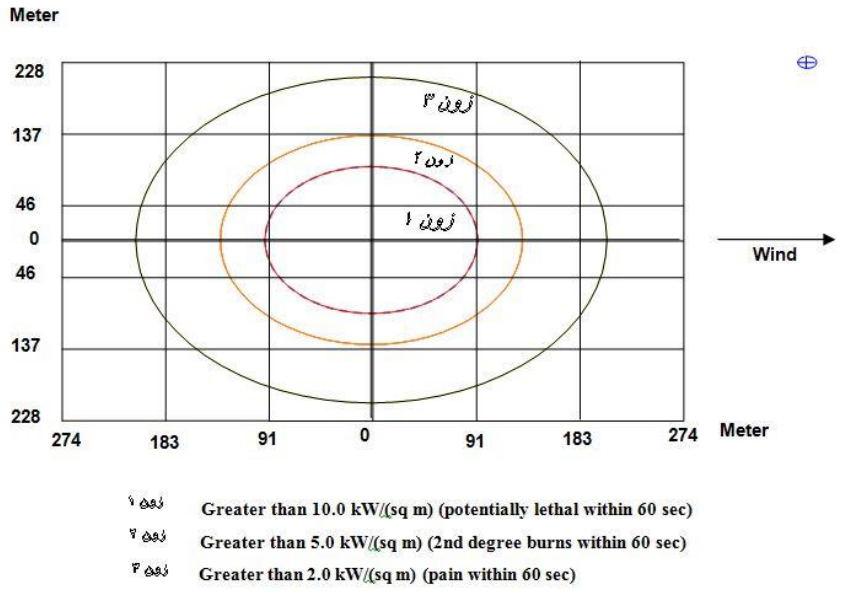
جدول ۲. میانگین پارامترهای هواشناسی

دما(C°)	رطوبت (%)	سرعت باد (knot)	پوشش ابری
۸/۱۰	٤٠	۲/٥	نیمه ابری

برای مشاهده نتایج به‌صورت مدل در پنجره Display از Threat Zone اقدام شده است. در پنجره بازشده سطح نگرانی ناشی از شار حرارتی در سه سطح انتخاب شده و نتیجه آن به‌صورت تصویر نمایان می‌شود. درواقع شکل ۲ مشخص‌کننده منطقه تهدید یا محدوده خطر در سناریو اول می‌باشد. منطقه ۱، ۲ و ۳، بیانگر نواحی هستند که غلظت

بنزن در آن‌ها از مقدار مقرر در LOC فراتر رفته است. ALOHA به‌صورت پیش‌فرض مقدار شار حرارتی را با (کیلووات در متر مربع) محاسبه می‌کند.

منطقه اول (بیشتر از ۱۰ kW/sqm) با طول ناحیه بیش از ۹٤ متر، نشان‌دهنده بدترین نوع شار حرارتی در منطقه تهدید است که اگر افراد ٦۰ ثانیه در معرض آن قرار گیرند، زندگی آن‌ها با خطر جدی روبه‌رو شده و احتمالاً منجر به مرگ می‌شود.

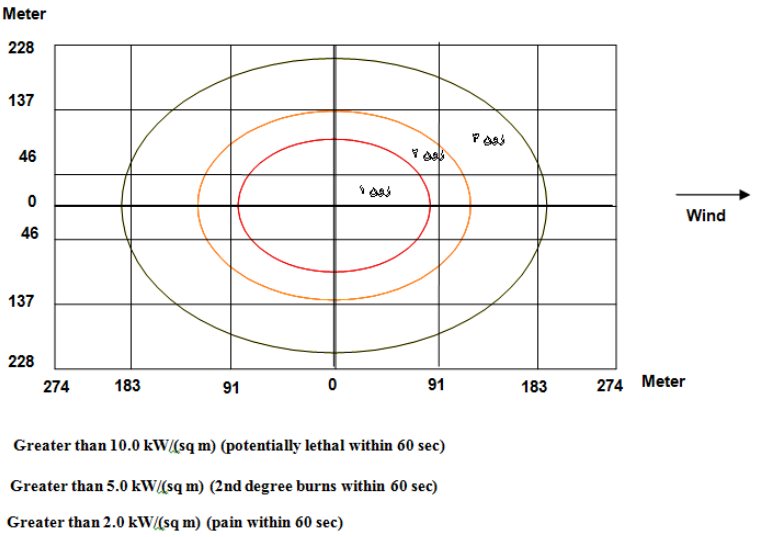


شکل ۲. مدل تهدید آتش استخری در منطقه‌های سناریوی اول

منطقه دوم (بیشتر از ۵ kW/sqm) با طول ناحیه ۱۳۳ متر مشخص شده است. هم‌چنین منطقه سوم نشان‌دهنده منطقه‌ای است که محدوده تابش گرما در آن بیشتر از ۲ kW/sqm و طول این ناحیه بیش از ۲۰۷ متر است (پیوست ۱). در سناریوی دوم، بررسی حداکثر دمای روزانه برروی نشتی و منطقه تهدید مورد سنجش قرار گرفت. داده‌های هواشناسی در این سناریو در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. حداکثر پارامترهای هواشناسی

دما (C°)	رطوبت (%)	سرعت باد (knot)	پوشش ابری
۳۹	۲۶	۵/۹	صاف



شکل ۳. مدل تهدید آتش استخری در منطقه‌های سناریوی دوم.

نتایج مدل سناریوی دوم در شکل شماره ۳ مشخص شده است. منطقه اول (بیشتر از ۱۰ kW/sqm) با طول ناحیه بیش از ۸۷ متر، نشان‌دهنده بدترین نوع شار حرارتی در منطقه تهدید است که اگر افراد ۶۰ ثانیه در معرض آن قرار گیرند زندگی آن‌ها با خطر جدی روبه‌رو شده و احتمالاً منجر به مرگ می‌شود. منطقه دوم (بیشتر از ۵ kW/sqm) با طول ناحیه ۱۲۶ متر مشخص شده است. هم‌چنین منطقه سوم نشان‌دهنده منطقه‌ای است که محدوده تابش گرما در آن بیشتر از ۲ kW/sqm است و طول این ناحیه بیش از ۱۹۷ متر است (پیوست ۲).

بحث

بررسی دقیق حوادث معروف ثابت می‌کند که قسمت اعظم خسارت‌های ناشی از آن‌ها و احتمال بروزشان، نه‌فقط قابل پیشگیری است، بلکه قابل پیش‌بینی نیز بوده‌اند؛ مشروط بر آنکه دست‌کم تحلیل‌های مهندسی ایمنی نظیر مدل‌سازی پیامد و ارزیابی کمی ریسک به‌موقع انجام گیرد (صادقی‌یارندی و کریمی، ۱۳۹۷).

پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی نشت بنزن، سناریوهای مرتبط با هواشناسی را مورد ارزیابی قرار داد که یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری بین نتایج حاصل از میانگین و حداکثر دمای هواشناسی در میزان پراکنش آتش استخری وجود دارد.

بحث مدل‌سازی پیامد ناشی از حوادث و سوانح مخازن به مدیران مجموعه‌های فرآیندی کمک می‌کند تا در شرایط اضطراری، تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ نمایند. استفاده از نرم‌افزار های مدل‌سازی در صنایع فرآیندی در تعیین برنامه واکنش در شرایط اضطراری بسیار مؤثر است. ضروری است که از روش‌های نوین و جدیدی مانند نرم‌افزار ALOHA در مدل‌سازی پیامد استفاده گردد تا خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم به حداقل ممکن کاهش یابد؛ بنابراین در این پژوهش سناریوهای متفاوتی از حریق توسط مدل ALOHA اجرایی شد. مقایسه بین سناریوهای ۱ و ۲ نشان می‌دهد میزان تشعشع شارهای حرارتی مدل آتش استخری و میزان منطقه تهدید در بین سناریوها، اختلاف معنی‌داری دارد. در سناریوی میانگین دمای روزانه، میزان رطوبت هوا و پوشش ابری از پارامترهای مؤثر بوده است؛ بنابراین ناپایداری جوی، میزان گسترش و شدت آتش‌سوزی را به‌وسیله افزایش جریانات صعودی و ارتفاع ستون دود، افزایش شانس انتقال خاکسترها و مواد نیم‌سوخته توسط ستون دود و رشد آتش، ارتقا می‌دهد.

در پژوهشی، مدل‌سازی پیامد نشت آمونیاک از مخازن آن با استفاده از نرم‌افزار ALOHA و تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یکی از صنایع فرایندی صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد درصورت انفجار ابر بخار تشکیل‌شده، فشار موج

انفجار تا فاصله حدود ۷۰۰ متری از مخزن برابر ۸ پوند بر اینچ مربع (Psi) می‌باشد که می‌تواند باعث آسیب جدی به ساختمان‌ها گردد (شیرعلی و همکاران، ۱۳۹۷). هم‌چنین در پژوهش حاضر آثار نشتی و حریق مخازن با موج انفجار بیشتر از ۲ kW/sqm و طول ناحیه بیش از ۲۰۷ متر گسترش دارد.

پژوهشی دیگر با عنوان «تجزیه و تحلیل حساسیت مدل پراکندگی جوی Phast برای سه ماده سمی (اکسید نیتریک، آمونیاک و کلر)» صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای آماری برای تجزیه و تحلیل نتایج تعداد زیادی از مدل‌ها، به ما امکان می‌دهد پارامترهای مدل را با توجه به تأثیر آن‌ها بر تغییر تعداد خروجی مدل (فاصله و غلظت)، براساس هر سناریو و در هر محصول، رتبه‌بندی کنیم (پاندیا و هکاران، ۲۰۱۲). در این تحقیق نیز با توجه به ماده شیمیایی بنزن، تأثیر پارامترهای مختلف هواشناسی بر سناریوهای متفاوت طراحی و مقایسه شدند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ازجمله نکات حفاظتی در بدترین نوع سناریو در منطقه اول یا منطقه پرخطر می‌بایست خنک‌سازی مخازن همجوار و جلوگیری از انتقال حرارت به مخازن، به نحو مؤثر و کارآمدی صورت پذیرد. هم‌چنین سدسازی و ایجاد دایک[1] در محدوده مخازن در حال اشتعال می‌تواند از سرایت حریق به سایر مخازن جلوگیری نماید. منطقه دوم با خطر متوسط مکان مناسبی برای نصب سیستم‌های اعلام و اطفای حریق، هایدرانت[2]های آتش‌نشانی، نصب مانیتورهای خاص و مواد اطفایی مناسب می‌باشد. هم‌چنین منطقه سوم یا کم‌خطر می‌تواند برای تأسیسات ساختمانی و اداری کارمندان و پیمانکاران اختصاص یابد. در حال حاضر دامنه پیشنهادها در این زمینه کم بوده اما پیشنهادهایی جهت مدیریت بحران، به شرح ذیل ارایه می‌شود:

1. Diak
2. Hidrant

۱. بازرسی روزانه از مخزن و تست فشار سالیانه.
۲. انجام بازدیدهای دوره‌ای جهت آزمون ضخامت سنجی خوردگی بدنه مخزن توسط بازرسان فنی.
۳. چک‌کردن قسمت‌های متصل به مخزن و گزارش نقص و خرابی، هم‌چنین تعمیر و نگه‌داری.
٤. بایستی تمهیداتی جهت ایمن‌ترنمودن مخزن، پرسنل، افراد و ساختمان‌ها درنظر گرفته شود.
۵. فواصل مجاز و استاندارد مخازن از یکدیگر رعایت گردد.
٦. حد فواصل مخازن و تأسیسات از اماکن مسکونی رعایت گردد.
۷. قراردادن پایگاه امداد و نجات در محدوده پالایشگاه.
۸. ایجاد کمیته واکنش در شرایط اضطراری و تعیین شرح وظایف هر کدام از اعضا در منطقه و پالایشگاه.
۹. ایجاد سیستم اعلام و اطفای حریق براساس منطقه‌بندی مناطق پرخطر، متوسط و کم‌خطر
۱۰. ایجاد سیستم تخلیه اضطراری به مخازن دیگر تحت فشار با شیرهای کنترلی جداکننده

منابع

احمدی، سعید؛ سلیمانی، حمید (۱۳۹۳)، شبیه‌سازی وقوع حریق روی تفکیک‌کننده دوفازی C۲۰۲-S با استفاده از نرم‌افزار ALOHA، مهندسی حفاظت از حریق، شماره ۱۳، ۳٦-۳۹.

احمدی، سعید؛ عدل، جواد؛ ورمزیار، سکینه (۱۳۸۷)، تعیین کمی ریسک حریق و انفجار در یک واحد فرایندی به روش شاخص حریق و انفجار (DOW)، سلامت کار ایران، ۵ (۲-۱)، ۳۹-٤٦.

رهایی، امید (۱۳۹۲)، کارخانه‌های صنعتی تهران و اثرات کالبدی آن‌ها بر گسترش شهری، نمونه موردی: پالایشگاه تهران و منطقه مسکونی باقرشهر، معماری و شهرسازی پایدار، ۱.

زارعی، اسماعیل؛ محمدفام، ایرج؛ محمدعلی، آزاده؛ میرزایی، مصطفی (۱۳۹٦)، تحلیل پویای حوادث صنایع فرآیندی: مقایسه مدل پاپیونی و شبکه بیزین، ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۵ (٤).

سبزعلیان، مجید (۱۳۹۲)، ایمنی در صنعت با انتخاب و استفاده از دستکش‌های حفاظتی مناسب، صنعت آب‌کاری، شماره ٦٨، ٣٤-٢٧.

سمیعی، سجاد؛ پوربابکی، رضا؛ یزدانی‌راد، سعید؛ اعلایی، زهرا (۱۳۹۷)، مدل‌سازی پیامد و تحلیل خطرات ناشی از انتشار کربن‌دی‌سولفید با استفاده از نرم‌افزار ALOHA، یازدهمین همایش دانشجویی تازه‌های علوم بهداشتی کشور، تهران.

شیرعلی، غلام‌عباس و همکاران (۱۳۹۷)، مدل‌سازی پیامد نشت آمونیاک از مخازن آن با استفاده از نرم‌افزار ALOHA و تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یکی از صنایع فرایندی، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ۵ (۲).

صادقی یارندی، محسن؛ کریمی، علی (۱۳۹۷)، ارزیابی پیامد حریق و انفجار مخازن گاز متان در یک جایگاه توزیع گاز طبیعی فشرده، ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ٦ (٤).

صفری، علی‌اکبر؛ عظیمی حسینی، سیده‌شبنم (١٤٠٠)، بررسی الگوهای مدیریت بحران، هفتمین کنفرانس بین‌المللی کشاورزی، محیط زیست، توسعه شهری و روستایی.

عبدالرحیمی، محمدرضا (۱۳۹۲)، ایمنی در صنعت هواپیمایی ضرورتی جدی است، حمل‌ونقل توسعه‌محور، شماره ۷، ۲۳-۲٦.

عمادی، جواد؛ امین‌صالحی، فرناز؛ قربانی‌نیا، زهرا؛ نوروز، عارف (١٤٠٠)، مدل‌سازی پیامد نشت S٢H در یکی از درام‌های واحد شیرین‌سازی گاز ترش در پالایشگاه توسط نرم‌افزار PHAST، (مطالعه موردی: فاز ۱۳ پارس جنوبی)، چهارمین همایش بین‌المللی توسعه فناوری در نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، تهران.

کریمی، سیدرضا (۱۳۹۹)، کاربرد نرم‌افزار ALOHA در مدل‌سازی حوادث و تحلیل پیامد، هفتمین همایش سراسری علوم و مهندسی دفاعی سپاه، تهران.

گل‌محمدی، رستم؛ محمدفام، ایرج؛ شفیعی‌مطلق، مسعود؛ فردمال، جواد (۱۳۹۲)، ارتقای روش فرانک و مورگان برای ارزیابی ریسک حریق صنعتی، بهداشت و ایمنی کار، ۳ (۳)، ۱-۱۰.

فرهادی، سجاد؛ محمدفام، ایرج؛ کلات‌پور، امید (۱۳۹٦)، ارائه الگویی جهت تدوین سناریوی مدیریت شرایط اضطراری و بررسی انطباق سناریوهای تمرینی اجراشده در صنایع فرایندی ایران با الگوی ارائه شده، سلامت کار ایران، ١٤ (٢).

فروغی‌نسب، فرشاد؛ جباری قره‌باغ، موسی؛ حلوانی، غلامحسین؛ قدرشناس، علیرضا (۱۳۹۲)، مدیریت ریسک حریق در صنایع فرایندی، چهارمین همایش بازرسی و ایمنی صنعتی.

قربانی، رقیه؛ عتابی، فریده؛ جباری، موسی (۱۳۹٦)، خطر مرگ در حوادث جاده‌ای، تانکرهای حامل مواد شیمیایی، ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۵ (۲).

لزرفرخی، آرش (۱۳۹۳)، بررسی تغییر شرایط پایداری جوی و مدل‌سازی یک واقعه توسط نرم‌افزار ALOHA در ایستگاه تقویت فشار منطقه ۹ انتقال گاز، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری.

محمدی، غلام‌حسین؛ عظیمی، یوسف؛ سرخیل، حمید؛ بداق‌جمالی، جواد (۱۳۹۸)، مدل‌سازی و ارزیابی پیامد حاصل از نشت بنزن در واحد کک‌سازی شرکت ذوب‌آهن اصفهان، ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۷ (۱).

موحد، احمدرضا؛ جهانی، فرشته؛ پروینی، مهدی؛ شکیب، مهدی (۱۳۹۸)، مدل‌سازی پیامد نشت میعانات گازی در یک پالایشگاه گاز به‌منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ٦ (۲).

مودت، الیاس؛ ملکی، سعید؛ دیده‌بان، محمد (۲۰۱۹)، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری با رویکرد پدافند غیرعامل و مدل‌سازی VIKOR، مطالعه موردی کلان‌شهر اهواز، فصلنامه پدافند غیرعامل، ۱۰(۳)، ٦۳–۷٤.

میرزایی علی‌آبادی، مصطفی؛ کلات‌پور، امید؛ محمدفام، ایرج؛ بابایی‌مسدرقی، یوسف (۱۳۹۵)، ارزیابی ریسک مخازن ذخیره‌سازی گاز نفتی مایع شونده در صنایع فرایندی با استفاده از تکنیک پاپیونی، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ۳ (۲).

هراتی، محمدجواد؛ معینی‌پور، مسعود (۱۳۹۱)، سناریونویسی، فصل‌نامه سیاست، ٤۲، ۵۹–۷۸.

آگاه، همیرا (۱۳۸۸)، آلودگی نفتی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی.

راهنمای نرم‌افزار Aloha، سازمان محیط زیست آمریکا، گرفته شده از:

https://www.epa.gov/cameo/aloha-software

Browne, T., Veitch, B., Taylor, R., Smith, J., Smith, D., & Khan, F. (2021). Consequence modelling for Arctic ship evacuations using expert knowledge. *Marine Policy, 130*, 104582. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104582

Galán-Madruga, D., & García-Cambero, J. P. (2022). An optimized approach for estimating benzene in ambient air within an air quality monitoring network. *Journal of Environmental Sciences, 111*, 164-174. doi:https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.03.005

George, P. G., & Renjith, V. R. (2 .۰۲۱Bayesian estimation and consequence modelling of deliberately induced domino effects in process facilities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 69*, 104340. doi:https://doi.org/10.1016/j.jlp.2020.104340

Golmohamadi, Mohammadfam, Shafie motlagh, & Faradmal. (2013). Developing the Frank and Morgan technique for industrial fire risk assessment. *Journal of Health and Safety at Work, 3*(3), 1-10 .

Khatabakhsh, A., Maleki, Z., Hejazi, H., & Pouyakian, M. (2019). Analysis of Hazard Identification Methods in Process Industries Using Analytic Network Process Technique (ANP). *Iran Occupational Health Journal, 16*(2), 48-60 .

Nezamodini, Z. S., Rezvani, Z., & Kian, K. (2015). Fire and explosion risk assessment in a process unit using Dow's Fire and Explosion Index. *Journal of Health and Safety at Work, 4*(4), 29-38 .

Pandya, N., Gabas, N., & Marsden, E. (2012). Sensitivity analysis of Phast's atmospheric dispersion model for three toxic materials (nitric oxide, ammonia, chlorine). *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25*(1), 20-32. doi:https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.06.015

Rebeeh, Y., Pokharel, S., Abdella, G. M., & Hammuda, A. (2019). A framework based on location hazard index for optimizing operational performance of emergency response strategies: The case of petrochemical industrial cities. *Safety Science, 117*, 33-42. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.020

Witlox, H. W. M., Fernandez, M., Harper, M., Oke, A., Stene, J., & Xu, Y. (2018). Verification and validation of Phast consequence models for accidental releases of toxic or flammable chemicals to the atmosphere. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 55*, 457-470. doi:https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.07.014

Zhao, Y., Zhang, M., Liu, T., & Mebarki, A. (2021). Impact of safety attitude, safety knowledge and safety leadership on chemical industry workers' risk perception based on Structural Equation Modelling and System Dynamics. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 104542. doi:https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104542

https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm