هفتمین کنفرانس بین‌المللی
مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی

تحلیل ارزیابی کمی ریسک دو ایستگاه گاز طبیعی فشرده در منطقه ۶ تهران به کمک نرم افزار SAFETY8.22

بهزاد عباسی خراجو[۱]، مسعود رفیعی[۲]، حسن احمدی[۳]، صابر مرادی حنیفی[۴*]

۱- دانشجوی ارشد برنامه ریزی شهری، دانشکده معماری وهنر، دانشگاه گیلان،تهران، ایران.behzad.shahrsaz@gmail.com
۲- استادیار، هیئت علمی گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران. rafiei_2001@yahoo.com
۳- دانشیار، هیئت علمی گروه مهندسی شهرسازی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.hamed@guilan.ac.ir
***۴- استادیار ، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.sabermoradi22@yahoo.com**

چکیده

ایستگاه های سوخت گاز طبیعی فشرده یکی از پر خطرترین کاربری ها شهری می باشد. توجه به خطرات و پیامد های آن می تواند ایمنی ساکنان مناطق شهری وکارکنان حاضر در محدوده خطر را تامین و ارتقا دهد. پژوهش حاضر بر اساس مدل QRA، در دو ایستگاه گاز طبیعی فشرده در منطقه ۶ تهران انجام شده است. جهت ارزیابی ریسک کمی نرم افزار Safety 8.2 به کار برده شد. و به منظور هم پوشانی محدوده خطر و برآورد کاربری های درگیر در بحران نرم افزار SASPlanet نسخه ۱۶۰۷۰۷ استفاده شد. نتایج نشان می دهد میزان ریسک فردی و جمعی در ایستگاه سوخت ۲ بیشتر است به طوری که فاصله ایمن برای افراد و کارکنان در ایستگاه سوخت اول ۴۵ متر ودر ایستگاه دوم در فاصله ۷۴ متری است و محدوده ریسک جمعی برای هر دو ایستگاه غیر قابل قبول بوده وبا توجه به کاربری های مجاور هر ایستگاه باید اقداماتی در جهت کاهش ریسک انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کمی ریسک، جایگاه سوخت، مخازن CNG، ریسک فردی و جمعی، مدل سازی

مقدمه

سازگاری و ناسازگاری کاربری های شهری به دلیل اثرات مثبت ومنفی است که کاربری های همجوار بر روی هم دارند این روابط را می توان در قالب موقعیت هر کاربری در سطح شهر، نحوه قرار گیری و چیدمان کاربری ها در کنار هم و روابط مکانی بین هر کاربری با سایر کاربری های مجاور بیان کرد [1, 2] توسعه و گسترش نامتوازن شهرها در طول سالیان اخیر باعث قرارگیری کاربری‌های ناسازگار در کنار یکدیگر شده است که خود نیز باعث تشکیل عوامل تشدیدکننده در زمان بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت است. فاجعه بار ترین پیامد ها در اثر حوادث دومینویی رخ می دهند که سطوح مختلفی را شامل می شوند این حوادث می توانند ابعاد وسیع تری را در بر گیرند کارخانه های صنعتی، محیط زیست، مردم و نواحی شهری که در معرض بیشترین آسیب قرار دارند [3].

گاز طبیعی مخلوطی از هیدروکربن های گازی است که عمدتا از متان و به نسبت کمتراز اتان پروپان انواع بوتان (بوتان نرمال و ایزوبوتان) وآلکان های سنگین تشکیل شده است. این گاز در طبیعت تحت فشار های بالا همواره به صورت گازی باقی می ماند. در ایستگاه های سوخت گاز طبیعی فشرده می شود تا در حجم کمتری قابل ذخیره سازی گردد معمولا ۲۰۰۰۰ کلیو پاسکال در حالت گازی فشرده شده و حداکثر تا فشار ۲۵۰۰۰ کیلوپاسکال در یک مخزن فشرده می شود [4, 5].

ارزیابی و مدیریت ریسک مهمترین و مقرون به صرفه ترین ابزار جهت پیشگیری از حوادث است که شامل دو شاخص کمی وکیفی است که تکنیک های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد [6]. استفاده از شاخص های کیفی نیازمند حداقل آموزش بوده و در

کمترین زمان قابل اجرا هستند. در مقابل شاخص های کمی ارزیابی رسک نیازمند تخصیص منابع آموزشی وزمان بیشتر می باشند. بطور کلی استفاده از شاخص های کمی ارزیابی ریسک به علت فراهم آوردن خروجی های عمیق تربیشترین کاربرد را شامل می شود [7, 8]. QRA یک رویکرد رسمی و منظم برای برآورد احتمال و پیامدهای وقایع خطرناک و بیان نتایج به عنوان خطر برای افراد ، محیط یا تجارت شما است. همچنین با شناسایی فرضیات مهم و عناصر رانندگی خطر ، استحکام و اعتبار نتایج کمی را ارزیابی می کند [9].

هدف اصلی پژوهش حاضر برآورد ارزیابی ریسک در دو ایستگاه سوخت گاز طبیعی فشرده دریکی از مناطق پرتراکم تهران است به‌گونه‌ای با به دست آوردن میزان ریسک در دو جایگاه و بررسی کاربری‌های هم‌جوارشان می‌توان میزان آسیب و خسارات ناشی از آن را در زمان وقوع بحران به‌شدت کاهش داد.

منطقه شش‌یکی از مناطق مرکزی است این منطقه با مساحتی معادل ۲/۲۱ کیلومترمربع، حدود ۲/۳ درصد از سطح شهر را در برمی‌گیرد و بیش از ۳۰ درصد ساختمان‌های دولتی و خصوصی را در خود جای‌داده و با بیش از ۹۸ درصد فضای ساخته‌شده، یکی از پرتراکم‌ترین مناطق شهری تهران است. تعداد بیشتری ساختمان‌های ۶ تا ۱۰ طبقه در این منطقه قرار دارند و تراکم مسکونی این منطقه ۷۵ درصد بوده که بالاتر از میانگین تراکم شهر تهران است [10] و با جمعیت حدود ۲۵۱۳۸۴ نفر، ۳ درصد جمعیت شهر را در خود جای‌داده و از این نظر در رتبه نوزدهم قرار دارد [11].

جایگاه سوخت ۱ در شمال شرقی منطقه شش تهران و در ناحیه دو قرار دارد. با توجه به‌قرار گیری در کنار جایگاه‌های سوخت LPG (گاز طبیعی مایع) و این جایگاه جز جایگاه‌های چندمنظوره است. مساحت جایگاه حدود ۳۰۰۰ مترمربع است. ازنظر موقعیت مکانی در هم‌جواری کاربری‌های مختلفی قرارگرفته است که شامل فروشگاه، مرکز بازیافت، مرکز پسماند زباله، مناطق مسکونی، ایستگاه انتقال پست برق و پارک است. جایگاه گاز طبیعی فشرده دوم در شمال غربی منطقه شش و در ناحیه ۱ قرارگرفته است این جایگاه جز جایگاه‌های تک منظوره در منطقه است مساحت این جایگاه حدود ۲۰۰۰ مترمربع است. در سمت شرق جایگاه ایستگاه آتش‌نشانی قرارگرفته است قسمت شمالی جایگاه شامل یک شهرک مسکونی و در قسمت جنوبی جایگاه شامل کاربری خدماتی و تجهیزات است.

هنریچ جز پیشگامان در نظریه‌های علیت مربوط به حوادث بود، او توضیح داد که تئوری حوادث در ارتباط با انسان و ارتباطات ماشینی، درنتیجه‌ی عمل غیر ایمن است. به‌طوری‌که نقش مدیریت در پیشگیری از حوادث در جهت کاهش هزینه‌های حوادث و افزایش کارایی و ایمن‌سازی بسیار مؤثر است[۱۲، ۱۳]. در سال ۱۹۵۹ نظریه دومینو بر اساس ۵ اصل زیر است[۱۴].

۱- آگاهی از شرایط محیط اجتماعی؛ شامل مهارت‌های لازم برای دسترسی به یک کار و اهداف مناسب است که عدم آگاهی از محیط اجتماعی می‌تواند فرد را دچار شکست بکند.

۲- خطای افراد (بی‌دقتی)؛ یک فرد بی‌دقت دارای خطای بسیاری است که این خود یک ویژگی منفی در فرد به شمار می آیدکه می‌تواند باعث ایجاد شرایط ناایمن گردد.

۳-شرایط ناایمن و شرایط فیزیکی یا ماشینی؛ شرایط ناایمن شامل خطاهای تکنیکی می‌باشد که این خود باعث ایجاد حوادث می‌گردد.

۴-حادثه؛ حادثه‌ها توسط شرایط ناایمن ایجاد می‌شوند.

۵-آسیب‌پذیری؛ آسیب‌ها پیامدهای حوادث هستند.

بحران مفهوم نسبی است و الزاماً به وسعت پیامدهای رخداده وابسته نیست. درصورتی‌که مقابله با پیامدهای ناگوار یک حادثه یا بلایای طبیعی خارج از توان یک جامعه یا سازمان باشد، آن موقعیت یک بحران تلقی می‌شود. در مدارک و اسناد رسمی نیز تعاریف گوناگونی از این واژه شده است. برای مثال سازمان جهانی بهداشت بحران را این‌گونه تعریف کرده است: «درهم‌ریختگی شدید زیست‌محیطی و روانی- اجتماعی که بسیار فراتر از ظرفیت انطباقی جامعه مبتلابه است»[۱۵]. فرآیندی است که درنتیجه یکسری عوامل طبیعی و مصنوعی شامل: انفجار، زلزله، فوران، آتش‌فشان، سونامی، زمین‌لغزش، سیل، طوفان، آتش‌سوزی‌های مهیب، ناکارآمدی خدمات اورژانسی و... اتفاق افتاده است و سختی و مشقتی را به جامعه انسانی تحمیل کرده که برای برطرف کردن آن نیاز به اقدامات اضطراری، اساسی و فوق‌العاده است [۱۶]. بحران‌ها و مخاطرات، به لحاظ منشأ و خاستگاه به دودسته‌ی کلی تقسیم‌شده‌اند که عبارت‌اند از: مخاطرات و بحران‌های طبیعی و مخاطرات و بحران‌های انسانی (غیرطبیعی، مصنوعی).

بحران‌های طبیعی به بحران‌هایی گفته می‌شود عامل انسانی در آن دخالت نداشته باشد این‌گونه بحران‌ها فرآیندهای طبیعی زمین است این فرآیندها می‌تواند شامل فعالیت‌های زمین هم چون آتش‌فشان، زلزله، رانش و فرسایش باشند و تغییرات ناگهانی جوی نیز می‌توانند به‌صورت شکل‌های مختلف مانند انواع طوفان، خشک‌سالی و سیل منجر به ایجاد بحران‌های طبیعی شوند [17]. امروزه با پیشرفت علم عامل دیگری که ترکیبی از هر دو عامل طبیعی و انسانی است به وجود آمده است که معمولاً عامل انسانی به وجود آورنده یک عامل طبیعی است همانند بیماری‌های میکروبی و ویروسی [18]. این دسته از بحران‌ها به حوادثی اطلاق می‌شوند که در پیامد ایجاد تغییر در نظام رایج طبیعت توسط انسان رخ می‌دهند. انسان برای

دستیابی به رفاه بیشتر و به خدمت درآوردن منابع زمین دست به فعالیت‌های صنعتی می‌زند عدم رعایت اصول ایمنی و یا به‌کارگیری نادرستِ ابزارآلات، منجر به باز شدن باب جدیدی در حوادث در جهان امروز شده است. با پیشرفت روزافزون صنعت و وابسته شدن بیش‌ازپیش انسان به فناوری پیامد حوادث این‌چنینی نیز به‌شدت رشد یافته است. یکی از دلایل توجه روزافزون به مدیریت بحران در صنایع همین امر است [15]. به‌طورکلی بحران‌های غیرطبیعی مخاطراتی هستند که انسان‌ها به‌گونه‌ای در ایجاد آن نقش داشته باشند. این نقش ممکن است عمدی و بااراده اشخاص یا غیرعمدی و بدون اراده باشد.

روش کار

این مطالعه بر اساس روش QRA انجام‌شده است روشی که بر اساس شرایط حاضر و اعمال احتمال وقوع حوادث تخمین مطلوبی از فواصل ایمن را ارائه می‌دهد [19, 20] به‌منظور محاسبه کانتور های ریسک فردی و ریسک جمعی نرم‌افزار Safety با نسخه ۸,۲ استفاده گردیده است. برای ارزیابی ریسک در دو جایگاه‌های سوخت موردمطالعه با استفاده از نرم‌افزار SASPlanet نسخه ۱۶۰۷۰۷ تصاویر ماهواره بینگ با رزولوشن بالا از منطقه موردمطالعه تهیه شد. در ادامه به ارزیابی ریسک در دو ایستگاه سوخت پرداخته شد. ماده اشتعال‌پذیر به‌منظور ارزیابی ریسک گاز متان در نظر گرفته‌شده است و دما و فشار برای مدل‌سازی به ترتیب ۱۵درجه سانتی‌گراد و ۲۵۰ بار است. حجم گاز ایستگاه اول ۳,۳۷۵ مترمکعب و ایستگاه دوم ۱۰,۷۵ مترمکعب است.

ریسک فردی به معنای احتمال صدمه دیدن یک شخص در نزدیکی محل حادثه است و تابع عوامل مختلفی نظیر نوع صدمه ایجادشده، احتمال اتفاق افتادن حادثه و شدت حادثه موردنظر است. برای محاسبه ریسک فردی در اطراف محل حادثه، فرض بر این است که سهم همه پیامدهای نهایی، بر روی ریسک فردی آن حادثه یا حوادث خاصیت جمع‌پذیری داشته باشد و از رابطه ۱ محاسبه می‌شود [21].

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^{n} IR_{x,y,i} \quad (۱)$$

در این رابطه $IR_{x,y}$ ریسک فردی نهایی در نقطه‌ای به موقعیت جغرافیایی (x,y) (احتمال کشته شدن یک نفر در سال)، $IR_{x,y,i}$ ریسک فردی در نقطه‌ای به موقعیت جغرافیایی (x,y) و ناشی از پیامد نهایی i (احتمال کشته شدن یک نفر در سال).

ریسک جمعی، معیاری از ریسک جمعیتی است که در نزدیکی محل خطر قرارگرفته‌اند. برای ارائه ریسک جمعی در اکثر موارد از منحنی‌های F-N استفاده می‌شود. در این منحنی‌ها مجموع تکرارپذیری پیامدهای ناشی از حادثه برحسب تعداد تلفات ناشی از حادثه به‌صورت لگاریتمی رسم می‌شود [22]. اطلاعات مربوط به تحلیل و تخمین ریسک ایستگاه‌های سوخت در جدول۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: اطلاعات مربوط به تخمین ریسک فردی و جمعی ایستگاه سوخت ۱

جایگاه سوخت	جمعیت	تراکم	درصد افراد حاضر در فضای داخلی	آب‌وهوا	سناریو
۱	۲۰۰	۰,۰۰۱۸۰۱۲۶	۰,۹	3/F	Catastrophic rupture

جدول ۲: اطلاعات مربوط به تخمین ریسک فردی و جمعی ایستگاه سوخت ۲

منطقه	کاربری‌ها	جمعیت	درصد افراد حاضر در فضای داخلی	آب‌وهوا	منبع جرقه (وسایل نقلیه عبوری)	
					سرعت (m/s)	تراکم وسایل نقلیه در ساعت
۱	مناطق مسکونی ۱	۱۴۰	۰,۷	3/F	۱۳	۳۰
۲	مناطق مسکونی ۲	۲۳۰	۰,۷			
۳	مناطق صنعتی و تجاری	۲۰۰	۰,۹			
۴	محدوده ایستگاه CNG	۱۰	۱			

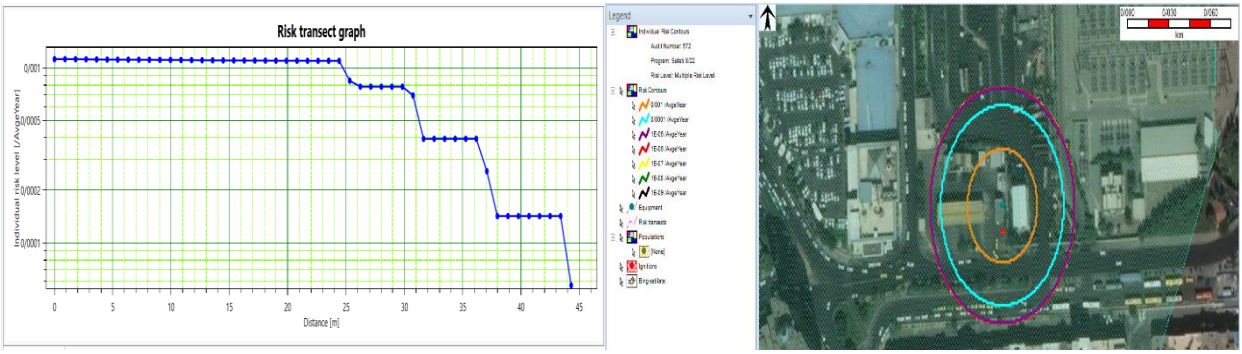
بحث و نتایج

برآورد خطر در کاربری‌های شهری می‌تواند یکی از مهم‌ترین اقدامات در جهت کاهش پیامدهای حادثه در زمان وقوع آن باشد. یکی از این روش‌ها برای ارزیابی ریسک کمی که به‌صورت ریسک فردی و ریسک جمعی بیان می‌شود روش تحلیل ریسک کمی است [23, 24]. وجود کاربری‌های مختلف اعم از مسکونی، تجاری، خدماتی و صنعتی در مجاورت واحدهای فرآیندی می‌تواند باعث وقوع حوادث جبران‌ناپذیری گردد. به این منظور برای رتبه‌بندی ریسک‌های فردی از استاندارد HSE انگلستان استفاده می‌کنیم

[25]. در ادامه جدول ۳ استاندارد انگلستان ارائه گردیده است. بر اساس موقعیت استراتژیک منطقه و تراکم بالای ساخت و وجود کاربری‌های متعدد بر اساس شکل ۱ مشاهده می‌شود سطح ریسک فردی برای افراد نزدیک منبع جرقه ۰,۰۰۱۱ است بر اساس شکل ۱ احتمال خطر تا فاصله ۴۴ متری وجود دارد به‌طوری‌که در فواصل مختلف و با دوری از محل وقوع حادثه پیامدهای مختلفی را در برمی‌گیرد به‌طوری‌که در فاصله ۲۵ متری احتمال خطر 10e-3 بوده و بیشترین ریسک را برای کارگران و افراد حاضر در محدوده دارد و در فاصله ۴۴ متری احتمال خطر 10e-4 و بر اساس جدول استاندارد بیشترین خطر را شامل می‌شود. بر اساس شکل ۱ مشاهده می‌شود محدوده خطر شامل کاربری‌های مختلف است ازجمله مرکز بازیافت، مرکز پسماند، ایستگاه پست برق، ایستگاه گاز طبیعی فشرده و بخش‌هایی از بزرگراه جنوبی جایگاه سوخت را شامل می‌شود در انتها با بررسی کانتور های ریسک فردی برآورد می‌گردد در فاصله ۵۲ متری از منبع جرقه میزان ریسک برای افراد و متخصصین حاضر در محدوده به‌شدت کاهش می‌یابد.

جدول ۳: معیارهای ریسک فردی (استاندارد انگلستان)

استاندارد انگلستان	معیارها
10^{-3}	بیشترین مقدار خطر قابل‌تحمل برای کارگران
10^{-4}	بیشترین مقدار خطر قابل‌تحمل برای افراد
10^{-5}	ریسک قابل‌پذیرش و ناچیز



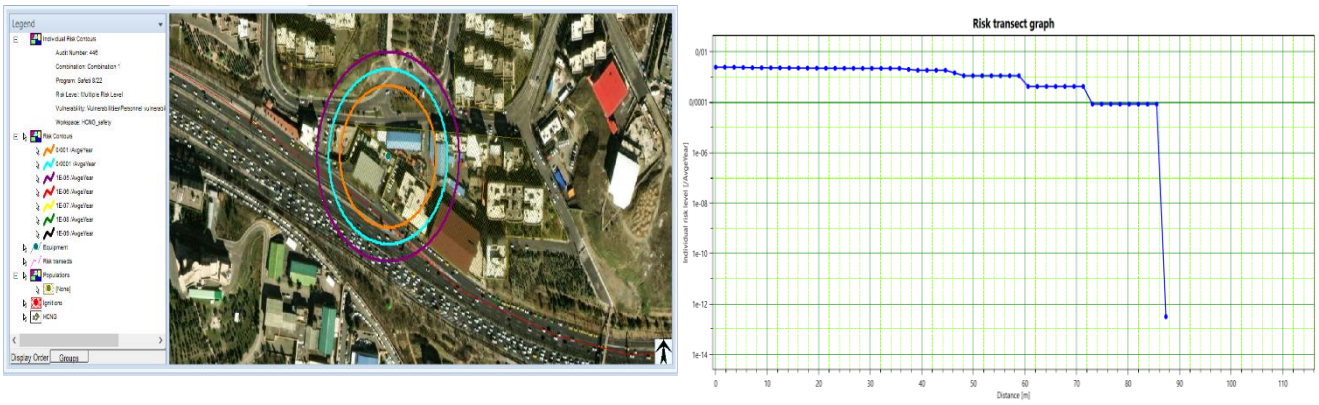
شکل ۱: کانتور های ریسک فردی ایستگاه سوخت ۱

به‌منظور برآورد میزان خطر در ایستگاه سوخت ۲ و هم‌چنین قرارگیری کاربری‌های مجاور آن، ناحیه مورد به مطالعه ازنظر تراکم جمعیتی به چهار بخش تقسیم‌شده است. به‌طوری‌که جمعیت مناطق مسکونی ۱ و ۲ به ترتیب دارای ۱۴۰ و ۲۳۰ است (شکل ۲) و ناحیه ۳ با کاربری‌های صنعتی دارای ۲۰۰ نفر جمعیت بوده و تعداد متخصصین جایگاه ۱۰ نفر است.

شکل ۲: تقسیم‌بندی کاربری‌های هم‌جوار ایستگاه سوخت ۲

ریسک فردی

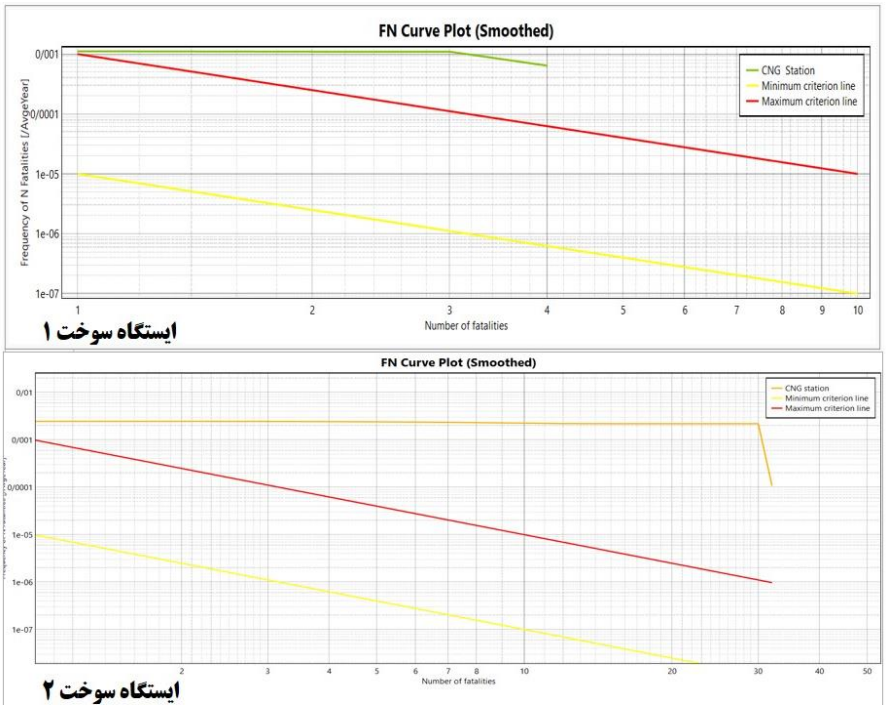
با توجه به نمودار مشاهده می‌گردد ریسک فردی برای افراد نزدیک به منبع جرقه ۰,۰۰۲۴۵۹ است بر ساس شکل ۳ کانتور های ریسک فردی در محدوده 10e-3و برابر کانتور های ریسک فردی در ایستگاه سوخت ۱ است به‌طوری‌که تا فاصله ۵۸ متری میزان ریسک برای کارکنان حاضر در محدوده بیشتر است و در محدوده 10e-4 میزان ریسک خطر ریسک جان افراد حاضر اطراف منبع جرقه تا فاصله ۷۳ متری را تهدید می‌کند به‌طورکلی میزان خطر بافاصله گرفتن از منبع جرقه کاهش می‌یابد به‌طوری‌که در فاصله ۸۳ متری بر اساس استاندارد انگلستان خطر ناچیز و قابل‌پذیرش است.



شکل ۳: کانتور های ریسک فردی ایستگاه سوخت ۲

ریسک جمعی

بر اساس شکل ۴ مشاهده می‌شود مقدار ریسک جمعی در ایستگاه سوخت ۱ و ایستگاه سوخت ۲ به ترتیب 0.00246051 و 0.000639471 است. میزان ریسک جمعی در هردو نمودار در محدوده غیرقابل‌قبول قرارگرفته‌اند که با توجه به موقعیت ایستگاه‌های موردمطالعه و کاربری‌های هم‌جوار در جهت کاهش میزان ریسک و جلوگیری از حوادث آبشاری باید تمهیداتی در نظر گرفت.



شکل ۴: کانتور های ریسک جمعی در دو ایستگاه سوخت ۱ و ۲

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهد هر دو ایستگاه گاز طبیعی فشرده در معرض ریسک بالایی از خطر قرار گرفته اند و در محدوده غیر قابل قبول هستند. تعداد کاربری‌های درگیر در محدوده خطر در ایستگاه سوخت شماره ۲ شامل بیشترین تعداد کاربری ها است به طوری که بخش هایی از کاربری های مسکونی، کاربری تجاری، صنعتی و همچنین بخش قابل توجهی از ایستگاه سوخت را در بر می گیرد و مشاهده می‌شود تا فاصله ۷۳ متری احتمال خطر برای کارکنان و افراد وجود دارد.

منابع

[1] C. A. Tudor, I. C. Iojă, A. Hersperger, and I. Pătru-Stupariu, "Is the residential land use incompatible with cemeteries location? Assessing the attitudes of urban residents," *Carpathian J. Earth Environ. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 153–162, 2013, Accessed: Apr. 07, 2023. [Online]. Available: https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A4526/datastream/PDF2/Tudor-2013-Is_the_residential_land_use-%28accepted_version%29.pdf

[2] S. Jiang, J. Meng, L. Zhu, and H. Cheng, "Spatial-temporal pattern of land use conflict in China and its multilevel driving mechanisms," *Sci. Total Environ.*, vol. 801, p. 149697, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.149697.

[3] C. Wamsler and E. Brink, "The urban domino effect: a conceptualization of cities' interconnectedness of risk," *Int. J. Disaster Resil. Built Environ.*, vol. 7, no. 2, pp. 80–113, 2016, doi: 10.1108/IJDRBE-01-2015-0001.

[4] M. Parvini and A. Kordrostami, "Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 30, no. 1, pp. 47–54, Jul. 2014, doi: 10.1016/j.jlp.2014.04.007.

[5] M. M. Aliabadi and K. Gholamizadeh, "Locating urban CNG stations using quantitative risk assessment: using the Bayesian network," *Saf. Reliab.*, vol. 40, no. 1, pp. 48–64, Jan. 2021, doi: 10.1080/09617353.2020.1858242.

[6] Z. Jahanbani, F. Sereshki, M. Ataei, and K. Ghanbari, "Risk Assessment of Fire by using Fuzzy Fault Tree Analysis Case study: Eastern Alborz Coal Mines," *Iran Occup. Heal.*, vol. 14, no. 3, pp. 46–57, 2017.

[7] F. I. Khan and S. A. Abbasi, "Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries," *J. loss Prev. Process Ind.*, vol. 11, no. 4, pp. 261–277, 1998.

[8] F. Khan, S. Rathnayaka, and S. Ahmed, "Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 98, pp. 116–147, 2015, doi: 10.1016/j.psep.2015.07.005.

[9] DNV GL, "Process hazard analysis / consequence analysis - Phast - Software - DNV GL," 2017. https://www.dnvgl.com/services/process-hazard-analysis-phast-1675 (accessed May 07, 2018).

[10] شهرداری, "درباره منطقه ۶," ۱۴۰۱. https://region6.tehran.ir/ 2023).

[11] N. J. Pars, "Detailed plan of Tehran's 6th district," Minisirity of Housing and Urban development, Tehran, 2006.

[12] F. H. B. M. Taufek, Z. B. Zulkifle, and S. Z. B. A. Kadir, "Safety and Health Practices and Injury Management in Manufacturing Industry," *Procedia Econ. Financ.*, vol. 35, pp. 705–712, Jan. 2016, doi: 10.1016/s2212-5671(16)00088-5.

[13] M. N. Vinodkumar and M. Bhasi, "Safety management practices and safety behaviour: Assessing the mediating role of safety knowledge and motivation," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 42, no. 6, pp. 2082–2093, Nov. 2010, doi: 10.1016/j.aap.2010.06.021.

[14] G.Taylor, *No Title Enhancing Occupational Safety and Health*. Elsevier, 2004.

[15] ب. عبدالحمیدزاده, واکنش در شرایط اضطراری پیشگیری و آمادگی در برابر بحران های صنعتی .1 vol ,تهران: اندیشه سرا, ۱۳۹۴.

[16] K. Zamoum and T. S. Gorpe, "Crisis Management: A Historical and Conceptual Approach for a Better Understanding of Today's Crises," *Cris. Manag. - Theory Pract.*, 2018, doi: 10.5772/intechopen.76198.

[17] B. Hosseinnia, N. Khakzad, and G. Reniers, "Multi-plant emergency response for tackling major accidents in chemical industrial areas," *Saf. Sci.*, vol. 102, pp. 275–289, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2017.11.003.

[18] V. Vašíčková, "Crisis Management Process - A Literature Review and a Conceptual Integration," *Acta Oeconomica Pragensia*, vol. 27, no. 3–4, pp. 61–77, 2020, doi: 10.18267/j.aop.628.

[19] rezayan s Mousavi A, "Quantitative risk assessment from process accidents at the Ramsar Gas Pressure Strengthening Station," in *2nd National Conference on Crisis Management and HSE Tehran*, 2014.

[20] M. M. Aliabadi, H. Ramezani, and O. Kalatpour, "Quantitative Risk Assessment of Condensate Storage Tank, Considering Domino Effects," *J. Heal. Saf. Work*, vol. 12, no. 1, pp. 204–221, 2022.

[21] S. Mannan, *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment And Control: Fourth Edition*, vol. 1–2. Butterworth-Heinemann, 2012. doi: 10.1016/C2009-0-24104-3.

[22] V. Villa, N. Paltrinieri, F. Khan, and V. Cozzani, "Towards dynamic risk analysis: A review of the

risk assessment approach and its limitations in the chemical process industry," *Saf. Sci.*, vol. 89, pp. 77–93, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.ssci.2016.06.002.

[23] F. Khan, S. J. Hashemi, N. Paltrinieri, P. Amyotte, V. Cozzani, and G. Reniers, "Dynamic risk management: a contemporary approach to process safety management," Curr. Opin. Chem. Eng., vol. 14, pp. 9–17, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.coche.2016.07.006.

[24] N. Paltrinieri, L. Comfort, and G. Reniers, "Learning about risk: Machine learning for risk assessment," Saf. Sci., vol. 118, pp. 475–486, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2019.06.001.

[25] S. Lewis, "Risk Criteria - When is low enough good enough?," Risktec Solut. Limited, http//www. risktec. co. uk/media/43520/risk criteria when low enough good enough, no. June, p. 8, 2007, [Online]. Available: http://www.risktec.co.uk/media/43520/risk criteria - when is low enough good enough - saudi.pdf