Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 15, No.1, Spring 2023
Pages: 37-57

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۵ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲
صفحه: ۵۷-۳۷

# ارزیابی پیامد و تعیین حریم ایمن در ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی با استفاده از نرم‌افزار PHAST (مطالعه موردی: ایستگاه برومی شهر اهواز)

احمد طرفی علیوی[۱]، فرهاد شهرکی[۲]، محمدرضا سردشتی بیرجندی[۳*]، میر محمد خلیلی پور[۴]

**چکیده**

**مقدمه:** ایستگاه تقلیل فشار گاز یکی از مهم‌ترین بخش شبکه‌های توزیع گاز طبیعی هستند. ارزیابی ریسک در واحدهای عملیاتی روش مناسبی جهت ارزیابی خطرات بوده و نتایج آن‌ها را می‌توان جهت مدیریت و تصمیم‌گیری در خصوص کنترل و کاهش پیامدهای آن بدون نگرانی به کاربرد. به‌عبارتی‌دیگر ارزیابی ریسک شامل فرآیندی است که به مشخص کردن مخاطرات، ارزیابی زیان‌ها و تعیین مشخصات ریسک می‌پردازد. هدف از مطالعه حاضر مدل‌سازی حوادث محتمل و متعاقب آن ارزیابی پیامد و تعیین حریم ایمن در ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی برون‌شهری واقع در منطقه برومی شهر اهواز با استفاده از نرم‌افزار PHAST بوده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار PHAST نسخه ۸/۲۲ و با استفاده از داده‌های فرآیندی ایستگاه تقلیل فشار گاز موردمطالعه نظیر دما، فشار گاز، آنالیز گاز، و داده‌های هواشناسی و استفاده از طبقه‌بندی شرایط جوی پاسکوئیل با تعیین سناریوهای محتمل بر اساس پیشینه موردبررسی تعیین حریم ایمن در این ایستگاه انجام گرفت. برای این مهم ۶ سناریو محتمل در کلاس‌های جوی انتخاب‌شده به همراه بدترین شرایط ممکن بررسی گردید. ارزیابی پیامدها نیز بر اساس حالت‌های مختلف تخلیه گاز، انتشار گاز، آتش فورانی، آتش ناگهانی، انفجار موردبررسی قرار گرفت.

**نتایج**: بر اساس نتایج به‌دست‌آمده محدوده‌های با پتانسیل خطر بالا به ترتیب مربوط به نتایج انتشار و انفجار گاز بوده است. همچنین بیشترین محدوده خطر متعلق به سناریوی شماره پنج برای انفجار گاز باکلاس جوی F و شدت موج ۰/۰۲۰۶۸ bar و معادل با ۳۵۸/۵ متر گزارش گردید. در این محدوده با توجه به جدول خسارت ناشی از انفجار با احتمال ۹۵٪ بدون خسارت جدی ۵۰٪ شیشه پنجره‌ها شکسته می‌شود و بدین‌جهت می‌تواند سبب صدمات انسانی گردد. بر این اساس حریم ایمن در این ایستگاه برابر ۳۵۸/۵ متر تعیین گردید.

**نتیجه‌گیری**: به سبب عدم مطالعه ارزیابی ریسک در فازهای اولیه و در حین بهره‌برداری مطالعه اخیر نشان می‌دهد تعیین نقاط ایمن و محدوده با ریسک بالا به همراه اولویت کاهش ریسک بسیار ضروری بوده که در برخی موارد در واحدهای صنعتی مقفول مانده است لذا می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌سازی حوادث و ارزیابی پیامد ناشی از آن به همراه تعیین حریم ایمن یکی از فاکتورهای اساسی در سلامت محیط کار پرسنل و عموم مردم محسوب می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** انتشار گاز سمی، مدل‌سازی انفجار، مدل‌سازی حوادث فرایندی، ارزیابی کمی ریسک، نرم‌افزار PHAST

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۲] استاد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۳] استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۴] استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن ۰۵۴۳۱۱۳۲۴۴۰، پست الکترونیک: m.r_sardashti@eng.usb.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۳/۱۶

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

**مقدمه**

با توسعه صنعت نفت و گاز به دلیل کاربرد تکنولوژی پیچیده و غیرقابل انعطاف و هزینه‌بر، چالش‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیستی این صنعت نیز رو به افزایش است و با پیشرفت علم و فناوری در این‌گونه صنایع همیشه افزایش مخاطرات بر خواسته از کار وجود دارد و به‌منظور نظارت بر این ریسک‌ها احتیاج به سیستم مدیریتی است که باعث کم‌کربن ریسک و به‌دست‌آمده اطمینان از بهبود ایمنی، رفاه کارکنان و نیز نگهداری از محیط‌زیست می‌شود (۱). ایجاد حوادث در فرآیندهای شیمیایی که باعث به وجود آمدن فجایع انسانی و محیطی می‌شود متخصصان را بر آن داشته که برای برآورد اثرات این حوادث به روش‌های پیش‌بینی کننده روی‌آورند. با استفاده از این روش می‌توان پیش از به وجود آمدن حادثه به‌منظور کنترل آن برنامه‌ریزی نمود. خصوصیات صنایع بزرگ فناوری مانند صنعت نفت و گاز این است که حجم خیلی بزرگی از مواد و کالاهای خطرناک در یک بخش قرار می‌گیرند که به‌وسیله اپراتورها اداره می‌شوند لذا اتفاقات در این بخش‌ها کارکنان را تهدید می‌کنند (۲). با توجه به توسعه صنایع به‌ویژه صنایع نفت و گاز در دنیا و در رابطه با حمل‌ونقل مواد ریسک‌ها و پیامدهای آن‌ها روزبه‌روز بیشتر می‌شود. شناخت درست ریسک‌ها و عوامل آسیب‌زا در این صنعت و مدیریت ریسک ازنظر کاهش زیان‌ها و آسیب‌های فیزیکی و اقتصادی ضروری است (۳). انتشار مواد دارای پتانسیل اشتعال و انفجار و یا ویژگی سمی بودن در این صنعت یکی از تهدیدکننده‌های اصلی کارکنان، ساکنین مجاور این صنایع و محیط‌زیست می‌باشد. اتفاقات در صنعت نفت و گاز همیشه با آغاز یک واقعه به وقوع می‌پیوندد که این اتفاقات عبارتند از ترکیدن یا شکستن خط لوله، سوراخ در مخزن و یا ایجاد واکنش‌هایی که خارج از کنترل هستند، می‌باشند. بر اساس این وقایع مقدار زیادی از مواد انتشار می‌یابد و با نشت این مواد امکان به وجود آمدن حوادثی دیگر از قبیل آتش‌سوزی، انفجار و مسمومیت پیش می‌آید. از طریق بررسی این حوادث به این نتیجه می‌رسیم که امکان ایجاد حادثه و زیان‌های مرتبط به آن همواره مشابه نمی‌باشد و در چارچوب کشوری یا منطقه‌ای خاص قرار نمی‌گیرد. از سویی توسعه فناوری نیز از عدم رخداد این وقایع نمی‌تواند جلوگیری کند و همیشه امکان به‌وجودآمدن این‌گونه حوادث وجود دارد (۴). PHAST (نرم‌افزار تحلیل خطر فرآیند) یک ابزار جامع تحلیل پیامدها است. این نرم‌افزار یک حادثه احتمالی را از نشت اولیه تا پراکندگی در محیط به‌صورت مدل‌سازی تبخیر و تبخیر استخر و اثرات قابل اشتعال و سمی بررسی می‌کند. PHAST قادر به شبیه‌سازی سناریوهای انتشار مختلف مانند نشت، پارگی خط، آزاد شدن طولانی خط لوله و فروریختن سقف مخزن در مخازن یا لوله‌های تحت‌فشار و بدون فشار می‌باشد.

در صنایع فرایندی و ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز به سبب ماهیت وجود مواد قابل اشتعال و سمی ممکن است ماده‌ای از یک واحد فرآیندی رهاشده، در هوا منتشر شود و چنان خطری ایجاد کند که ایمنی کارکنان و حتی افرادی که در فاصله زیادی از تأسیسات فرآیندی هستند را در معرض خطر قرار دهد. همین عوامل منجر می‌شود صنایع با گسترش اندازه و تعداد تجهیزات، روزبه‌روز در مورد خسارات بالقوه انسانی و اقتصادی نگرانی بیشتری پیدا کنند. برخی حوادث داخلی و خارجی که مربوط به ایستگاه گاز و بیشتر در خطوط لوله اتفاق افتاده است کد در بخش‌های بعدی بیشتر به آن اشاره‌شده است. از مهم‌ترین این حوادث می‌توان به انفجار گاز شهری با پنج مصدوم و دو نفر کشته در قیام دشت اشاره نمود. همچنین انفجار خطوط لوله در شهریار تهران، غرب کشور، خیابان لاهور شهر اصفهان، آتش‌سوزی خط لوله منتهی به ایستگاه شهری در شهر گناوه در داخل کشور و انفجار خطوط لوله ایستگاه انتقال گاز در شهر رنشوفوجیا با مرگ ۱۰ نفر و آسیب به ۴۰ نفر، انفجار ایستگاه گاز شهری در بیجینگ چین با ۴۷ نفر کشته و انفجار ایستگاه گاز شهری در اتریش با مجروح شدن بیش از ۶۰ نفر اشاره نمود (۵). با توجه به توضیحات فوق لزوم بررسی و ارزیابی پیامد و تعیین حریم ایمن برای این مناطق از اهمیت بالایی برخوردار است. ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز برون‌شهری از واحدهای عملیاتی و فرآیندی با فشار زیاد می‌باشند که درنتیجه مخاطرات زیادی در پی دارند. در ادامه به توضیح مختصری از تحقیقات و مطالعات داخلی و خارجی انجام‌شده مرتبط با موضوع مقاله توضیح داده‌شده است. ستاره‌شناس صیقلانی (۱۳۸۹) به بررسی ارزیابی پیامد پخش گاز کلر در تصفیه‌خانه آب رشت و زمین‌های اطراف آن پرداخت. در این واحد کلرین که ماده سمی است به مقدار زیاد برای گندزدایی آب به کار می‌رود که رهایش آن اثرات مخرب زیادی دارد. این

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

مطالعه مکان‌های پرخطر در اطراف تصفیه‌خانه را مشخص می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که زمین‌های اطراف این واحد تا فاصله ۱۰۰ متر باید خالی از سکنه باشد (۶). پورقدیری (۱۳۹۲) به ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در ایستگاه‌های تقلیل فشار و خطوط انتقال گاز پرداخت صنعت گاز از مرحله اکتشاف شروع می‌شود و تا مصرف ادامه دارد. اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات موجود در ایستگاه‌ها (فیلترها، شیرهای اطمینان و قطع‌کننده جریان و غیره)، اطمینان از عدم نشتی خطوط انتقال و تجهیزات، اطمینان از عدم تشکیل هیدرات و به حداقل رساندن آلودگی‌هایی نظیر آلودگی صوتی و غیره ازجمله نکات مهم HSE ( Health, Safety and Environment) هستند که در این مقاله پیرامون آن‌ها بحث شده و راهکارهایی برای آن‌ها ارائه‌شده است (۷). موسوی (۱۳۹۳) به بررسی ارزیابی کمی ریسک ناشی از حوادث فرآیندی در ایستگاه تقویت فشار گاز شهرستان رامسر پرداخت. در این تحقیق، ارزیابی کمی ریسک ناشی از حوادث فرآیندی، نظیر نشتی تجهیزات فرآیندی ازجمله فلنج ها و شیرها که ممکن است در ایستگاه تقویت فشار گاز شهرستان رامسر به وقوع بپیوندد موردبررسی قرارگرفته‌اند. این ارزیابی با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده نظیر فشار ماده موجود در فرآیند، دما ماده موجود در فرآیند، فاز ماده موجود در فرآیند، ترکیب درصد ماده موجود در فرآیند، شرایط آب و هوایی، نوع سناریو، محل سناریو و جانمایی به‌وسیله نرم‌افزار PHAST مدل گردید. در این پروژه سعی بر آن است تا با مدل‌سازی دو نوع آتش محتمل در ایستگاه تقویت فشار گاز رامسر یعنی آتش ناگهانی و آتش فورانی ناشی از نشتی فلنج ها و شیرهای موردبررسی در سناریوهای تعریف‌شده و با رسم نمودارهای مربوط به آن، محدوده اثر این اتفاقات تعیین گردد (۸). قربانی (۱۳۹۳) به بررسی روش‌های مهار سولفید هیدروژن در صنعت نفت و گاز پرداخت. این مقاله شامل گردآوری و بررسی مجموعه‌ای از مطالعات است که در سال‌های اخیر برای حذف و یا به حداقل رساندن مشکلات ناشی از هیدروژن سولفید در عملیات‌های نفت و گاز با بهره‌گیری از برخی مواد شیمیایی تحت عنوان پالاینده هیدروژن سولفید صورت پذیرفته است. چالش بر سر تحقیق و توسعه پالاینده‌ای است که اهداف مدنظر ازجمله سلامتی پرسنل شرکت نفت و گاز، و نگهداری مناسب خطوط انتقال را فراهم نماید، علاوه بر این به لحاظ زیست‌محیطی نیز قابل‌قبول باشد. در این کار به‌طور مقایسه‌ای به بررسی مزایا و معایب استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای مهار پالایش هیدروژن سولفید در سیالات حفاری و تولیدی پرداخته‌شده است (۹). ابراهیم‌زاده (۱۳۹۴) به آنالیز حوادث فرآیندی ناشی از نشتی گاز هیدروژن سولفید از واحد لخته گیری یکی از پالایشگاه‌های پارس جنوبی با رویکرد تعیین حریم ایمن پرداخت. مطالعه صورت گرفته به‌صورت توصیفی تحلیلی و به‌طور مقطعی در پالایشگاه‌های گازی ۲ و ۳ پارس جنوبی صورت گرفت جهت ارزیابی چگونگی پخش و تأثیرگذاری سناریوی نشتی از نرم‌افزار PHAST نسخه ۶,۵۴ استفاده شد (۱۰). نوریان و امیری (۱۳۹۵) به بررسی ارزیابی ریسک ایمنی ایستگاه تقلیل فشارگازطبیعی با نرم‌افزار PHAST پرداختند. حوادثی از قبیل نشت گاز و آتش‌سوزی به دلیل جدایی اتصالات شیرها و دیگر تجهیزات، خوردگی، سایش و همچنین آسیب دیدن و یا از تنظیم خارج شدن تجهیزات به دلیل افزایش فشار در کلیه تأسیسات انتقال و شبکه توزیع گاز ازجمله ایستگاه‌های تقلیل فشار امکان وقوع دارند. اهمیت به ارزیابی دقیق و پیش‌بینی احتمال انفجار، حریق و تعیین شعاع ایمن برای ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز طبیعی که دارای استانداردهای یکسانی ازنظر حجم گاز ورودی و خروجی با توجه به ظرفیت طراحی‌شده آن‌ها می‌باشند، ضروری است. لذا سه سناریو برای انفجار احتمالی تعیین گردیدند. در این سناریوها اندازه نشتی گاز قبل و بعد از رگلاتور و همچنین پارگی مخزن برابر قطر تجهیزات به ترتیب ۱۲، ۶ و ۲۰ اینچ تعیین شدند. پس از مدل‌سازی ریاضی در نرم‌افزار PHAST فاصله اطمینان ۲۵۰ متر برای بدترین نوع نشتی تعیین شد و دیگر فاصله‌های ایمن ایستگاه برابر ۱۰۵ و ۷۰ متر می‌باشند. در صورت نشت مرکاپتان با غلظت ۴۴۰۰۰ پی.پی.ام، فاصله‌های ۱۷۰ و ۷۵ متر به‌عنوان نقاط ایمن تعیین گردیدند (۱۱). مینایی (۱۳۹۶) به شبیه‌سازی غلظت و نحوه پراکنش گاز سولفید هیدروژن ($H_2S$) ناشی از کوره‌های زباله‌سوز واحد بازیافت گوگرد در یک پالایشگاه گازی در عسلویه پرداخت. در این مطالعه غلظت آلاینده‌های منتشره از دو دودکش کوره‌های زباله‌سوز و همچنین غلظت آلاینده $H_2S$ در پنج ایستگاه پایش محیطی در محدوده پالایشگاه و اطراف آن طی چهارفصل از تابستان ۱۳۹۳ تا پایان بهار ۱۳۹۴ اندازه‌گیری شد (۱۲). موحد و پروینی (۱۳۹۸) به مدل‌سازی پیامد نشت میعانات گازی در

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

مخزن ۶۵۰ یک پالایشگاه گازی که خطرناک‌ترین مخزن واحد است، به‌منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری پرداخت. در این مطالعه برای بررسی نحوه انتشار میعانات گازی از مخزن ذخیره‌سازی پالایشگاه گازی موردمطالعه و پیامد آن از نرم‌افزار PHAST استفاده و مدل‌سازی برای چهار سناریوی آتش فورانی، آتش استخری، آتش ناگهانی و انفجار ابر بخار انجام شد. چهار سناریو یادشده می‌توانند پیامدهای مرگ باری را در پی داشته باشند و حادثه انفجار ابر بخار و پس‌ازآن آتش استخری دارای بیشترین پیامد هستند. بر اساس گلباد منطقه و مدل‌سازی انجام‌شده برخی تغییرات در برنامه واکنش در شرایط اضطراری، ازجمله تغییر مسیرهای دسترسی و همچنین تغییر فاصله دو (Point Muster) موردنیاز است (۱۳). نعمتی (۱۳۹۸) بررسی آسیب های انتشار گاز از مخزن پروپان در یک پالایشگاه گازی به کمک نرم‌افزارPHAST مطالعه ی موردی: پالایشگاه هفتم پارس جنوبی، در این مطالعه به‌منظور تعیین حداکثر ریسک محتمل در شرایط ذخیره پروپان در مخزنی با حجم ۴۵۰۰۰ مترمکعب، دمای ۴۶ -درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۰۱ بار دو پدیده گسست مخزن و تخلیه کل موجودی مخزن در یک‌زمان معین بررسی شد. در اثر گسست مخزن پدیده‌های انتشار ابر ناشی از غلظت پروپان، آتش استخری تأخیر یافته، آتش ناگهانی و تبخیر حاصل از استخر ایجادشده و در اثر تخلیه کل موجودی مخزن در یک‌زمان معین پدیده‌های انتشار ابر ناشی از غلظت پروپان، آتش استخری تأخیر یافته و سریع، انفجار، آتش ناگهانی و تبخیر حاصل از استخر ایجادشده رخ خواهد داد (۱۴). تیان و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی "تشخیص نشت در شبکه‌های توزیع گاز کم‌فشار با روش‌های احتمالی" پرداختند. رویدادهای نشتی با استفاده از داده‌های فشار و جریان به‌دست‌آمده از مدل‌سازی حالت پایا شبکه گاز برآورد می‌شوند. استحکام روش با تجزیه‌وتحلیل شبکه‌های گاز در حضور خطاهای اندازه‌گیری نشان داده‌شده است که نویز حسگر اجتناب‌ناپذیر در داده‌های جریان و فشار را به حساب می‌آورد. امکان‌سنجی روش پیشنهادی در یک شبکه گاز مصنوعی کوچک نشان داده‌شده است. علاوه بر این، این روش در بخشی از شبکه توزیع گاز سنگاپور برای سناریوهای نشت منفرد و همچنین چندگانه اعمال می‌شود. همچنین به‌طور تجربی نشان داده‌شده است که شدت نشت و مکان برای یک سناریوی نشت واحد را می‌توان به ترتیب با دقت ۹۵٪ و ۸۰٪ حتی در حضور نویز قوی تعیین کرد (۱۵). ژو و لیو ( ۲۰۱۳)، به بررسی "چارچوب بهینه‌سازی مبتنی بر شبکه عصبی عمیق برای مسیر تخلیه ایمنی در هنگام حوادث نشت گاز سمی" پرداختند. برنامه‌ریزی تخلیه برای کاهش تلفات در حوادث نشت گاز سمی مهم است. بااین‌حال، طرح‌های تخلیه که در موقعیت‌های عملی غیرمنتظره اعمال می‌شوند، بیشتر کیفی هستند. این مطالعه سیستم پیشنهادی مسیر تخلیه را بر اساس ارزیابی کمی ریسک ارائه می‌کند که با پیش‌بینی پراکندگی گاز دینامیکی بادقت بالا و زمان محاسبه کوتاه، ایمن‌ترین مسیر را برای افراد تخلیه‌شده فراهم می‌کند. سناریوهای تخلیه دقیق، ازجمله شرایط آب‌وهوایی، شدت نشت، و اطلاعات تخلیه، در نظر گرفته شد. سیستم پیشنهادی ریسک کمی را در منطقه آسیب‌دیده با استفاده از یک مدل جایگزین شبکه عصبی عمیق برای تعیین مسیرهای تخلیه بهینه با برنامه‌ریزی عددی و ریاضی صحیح ارزیابی می‌کند. مدل جایگزین با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی آموزش داده شد. یک رمزگذار خودکار متغیر برای استخراج ویژگی‌های هندسی ناحیه آسیب‌دیده استفاده شد. ریسک پیش‌بینی‌شده با برنامه‌ریزی اعداد صحیح خطی برای تعیین مسیر بهینه در یک شبکه جاده‌ای از پیش تعریف‌شده ترکیب شد. برای مطالعه موردی از سناریوی نشت خط لوله گاز آمونیاک در مجتمع پتروشیمی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که مدل توسعه‌یافته ایمن‌ترین مسیر را در عرض چند ثانیه با حداقل ریسک ارائه می‌دهد. مدل توسعه‌یافته برای تحلیل حساسیت جهت تعیین تأثیرات متغیر و مکان‌های پناهگاه امن اعمال شد (۱۶). سانگ و همکاران (۲۰۲۱)، پیرامون "ریسک پیامدهای نشت گاز و انفجار در داخل ساختمان‌های مسکونی" ارزیابی کمی انجام دادند. در این مطالعه، یک روش ارزیابی کمی ریسک برای پیامدهای نشت گاز و حوادث انفجار در داخل ساختمان‌های مسکونی توسعه داده‌شده است. در همین حال، اقدامات مؤثر کاهش ریسک نیز پیشنهادشده است. رفتار نشت و پراکندگی گاز ابتدا برای ارائه یک سناریوی اولیه واقعی برای شبیه‌سازی انفجار بعدی با استفاده از کد CFD FLACS تجزیه‌وتحلیل می‌شود و سپس، عواقب انفجار با یک ابر گاز قابل اشتعال ناهمگن واقعی به‌دقت پیش‌بینی می‌شود. بر اساس مدل پروبیت، احتمال اثرات نامطلوب مختلف (به‌عنوان‌مثال، پارگی پرده گوش، آسیب ریه و ضربه سر) ناشی از حوادث انفجار گاز

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

به ترتیب برآورد شده است. با ترکیب احتمال با نمرات شدت پیامد، یک مفهوم مبتنی بر ریسک برای محاسبه شاخص خطر انفجار در هر منطقه از ساختمان‌های مسکونی اتخاذ شده است. در همین حال، شاخص ریسک بالاتر از بین این اثرات نامطلوب در هر نقطه شبکه انتخاب می‌شود. علاوه بر این، یک مفهوم مبتنی بر شبکه و ایزولاین بیشتر برای نشان‌دادن این شاخص خطر انفجار استفاده می‌شود. علاوه بر این، اثرات نسبت سطح دریچه و فشار شکستگی شیشه‌ها برای پیشنهاد اقدامات مؤثر کاهش خطر بررسی می‌شود. این روش برای یک ساختمان مسکونی معمولی، واقع در هاربین، چین اعمال می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که شدت پیامد انفجار در هر منطقه از ساختمان‌های مسکونی می‌تواند به‌صورت کمی ارائه شود. علاوه بر این، توزیع منطقه خطر انفجار گاز در داخل ساختمان‌های مسکونی نیز قابل شناسایی است. علاوه بر این، حداقل نسبت سطح دریچه و حداکثر فشار شکستگی شیشه‌ها را می‌توان برای کاهش شاخص خطر انفجار گاز توصیه کرد. این مطالعه یک روش تحلیل مؤثر ارائه می‌کند و به توسعه اقدامات ایمنی و بهبود طرح‌های واکنش اضطراری برای حوادث نشت گاز و انفجار در داخل ساختمان‌های مسکونی کمک می‌کند (۱۷).

با توجه به مطالب بیان‌شده معین گردید رویکرد استفاده از نرم‌افزارهای باقابلیت مدل‌سازی انتشار گازهای سیمی و قابل اشتعال در تعیین حریم‌های ایمن و بررسی سناریوهای متفاوت ابزار مناسبی برای بررسی میزان ریسک و کاهش آن بوده است. لذا در این مطالعه، به‌منظور ارزیابی پیامد و تعیین حریم ایمن در ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی برومی شهر اهواز به تحلیل تخلیه گاز، انتشار گاز، آتش فورانی، آتش ناگهانی و موج انفجار گاز و درنتیجه مشخص‌شدن پیامد ناشی از آن‌ها از طریق مدل‌سازی و آنالیز مخاطرات به روش ارزیابی کمی ریسک به‌وسیله نرم‌افزار PHAST پرداخته می‌شود. ازآنجایی‌که شرایط عملیاتی و موردمطالعه در تحقیقات پیشین بر روی واحد ایستگاه تقلیل فشار به کمک نرم‌افزار PHAST صورت نپذیرفته، تمرکز مطالب حاضر استفاده از تکنیک‌های ریاضی-سیالاتی به کمک این نرم‌افزار برای پیاده‌سازی مدل‌های انتشار بوده و توجه مقاله بر روی کاربرد عملی تکنیک‌های علمی در دنیای واقعی استوار گردیده است.

**روش بررسی**

**۱-روش ارزیابی کمی ریسک:** ارزیابی کمی ریسک مطابق شکل ۱ دارای هفت مرحله می‌باشد که در زیر به آن‌ها پرداخته می‌شود:

**مرحله اول : تعیین اهداف ارزیابی کمی ریسک**

همان‌طور که از عنوان تحقیق مشخص است هدف ارزیابی پیامد ناشی از حوادث فرآیندی ازجمله آتش و انفجار گاز که در اثر نشت گاز از تجهیزات فرآیندی به وقوع می‌پیوندند، به‌وسیله مدل‌سازی در نرم‌افزار PHAST و درنتیجه تعیین حریم ایمن در ایستگاه تقلیل فشار گاز منطقه برومی شهر اهواز می‌باشد.

**مرحله دوم : شرح واحد فرآیندی تحت بررسی**

در این مرحله اطلاعات مربوط به ایستگاه تقلیل فشار گاز موردمطالعه مانند داده‌های فرآیندی (دما و فشار جریان گاز، فاز و ترکیب درصد گاز، ارتفاع از سطح زمین) از واحد ایمنی و داده‌های هواشناسی منطقه (دمای محیط، سرعت باد، رطوبت هوا) از بخش آرشیو وب-سایت رسمی هواشناسی استان خوزستان جمع‌آوری گردیده است.

**مرحله سوم : شناسایی مخاطرات**

در این مرحله به کمک تحقیقات مشابه انجام‌شده به شناسایی مخاطرات بالقوه در ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری برومی شهر اهواز نظیر خوردگی، برخورد فیزیکی، سهل‌انگاری کارکنان در حین تعمیرات و افزایش ناگهانی فشار جریان گاز پرداخته می‌شود.

**مرحله چهارم : تعیین و تحلیل سناریوها**

سناریو، حادثه‌ای است که باعث ایجاد ریسک‌های فرآیندی از قبیل آتش، انفجار و آزادسازی مواد سمی می‌شود. سناریو مانند یک اتفاق جداگانه است و می‌تواند در یک بخش فرآیندی ایجاد شود و هر سناریو دارای چندین نتیجه از قبیل آتش، انفجار و انتشار مواد سمی می‌باشد. سناریوها بیشتر مواقع به‌صورت نشت و یا پارگی در سیستم‌های فرآیندی به‌حساب می‌آیند به‌صورتی که باعث انتشار مادهٔ سمی و یا مادهٔ قابل اشتعال شوند (۱۸).

**مشخصات سناریو**

برای ارزیابی یک سناریو داشتن اطلاعات زیر لازم است :

- مکان ایجاد سناریو (مختصات جغرافیایی و تجهیز مربوطه)
- شرایط فرآیندی (نوع ماده، فاز، دما، فشار و غیره)
- کل مقدار مواد تخلیه‌شده در اثر وقوع سناریو
- نوع سناریو (نشتی، تخلیه ناگهانی و یا غیره)

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

- اندازه سوراخ به وجود آمده در مورد نشتی
- ارتفاع انتشار مواد از سطح مبدأ
- جهت انتشارات (افقی، عمودی و مورب)
- زبری سطوح (۱۸).

در این مرحله به کمک تحقیقات مشابه انجام‌شده به تعیین و تحلیل سناریوها که اغلب به‌صورت نشت گاز از تجهیزات فرآیندی نظیر فلنج ها و شیرها می‌باشند، پرداخته می‌شود.

**مرحله پنجم : مدل‌سازی پیامد**

در این مرحله سناریوهای تعیین‌شده بر اساس داده‌های فرآیندی و اطلاعات هواشناسی منطقه به کمک نرم‌افزار PHAST و با استفاده از مدل‌های شناوری سیالات و حل معادلات مؤمنتم و انتقال جرم هم‌زمان مدل می‌شوند.

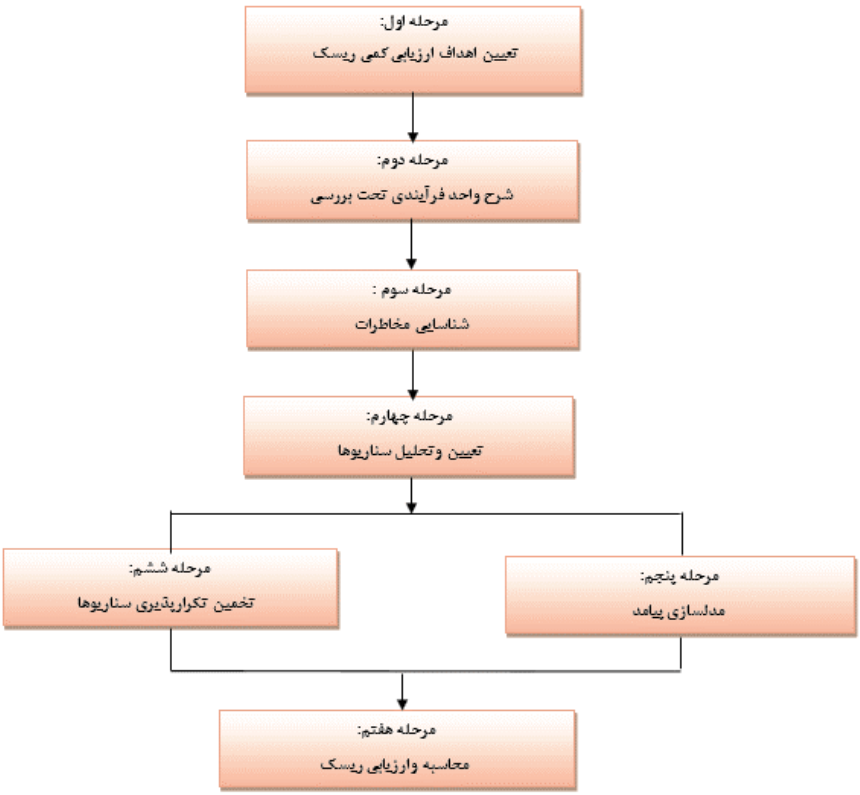
**مرحله ششم : تخمین تکرارپذیری سناریوها**

پیامد * تکرارپذیری = ریسک

در این مرحله سناریوهایی که احتمال رخ دادن آن‌ها بیشتر و همچنین دارای شدت زیاد باشند موردبررسی قرار می‌گیرند.

**مرحله هفتم : محاسبه و ارزیابی ریسک**

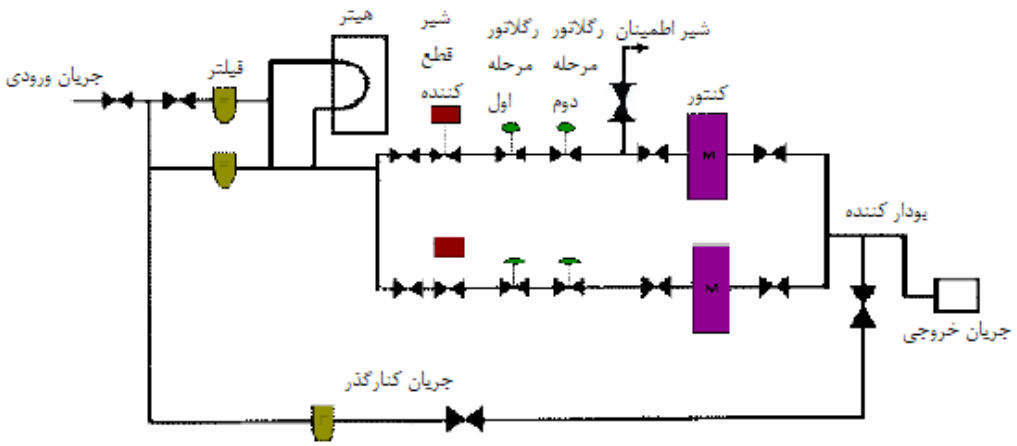
در این مرحله نرم‌افزار PHAST به‌صورت پیش‌فرض پیامدهای ناشی از سناریوهای تعیین‌شده را برحسب میزان تشعشع برای آتش و شدت موج برای انفجار گاز محاسبه می‌کند و درنتیجه با مقایسه نتایج خروجی نرم‌افزار PHAST با جدول سطوح آسیب ناشی از تشعشع برای آتش و جدول خسارت ناشی از انفجار می‌توان به محدوده خطر و درنتیجه به حریم ایمن ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری برومی شهر اهواز دست یافت.




شکل ۱: دیاگرام روش تحقیق (۱۸).

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]




شکل ۲: ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری (۱۹)

**۱- ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری مورد مطالعه**

جریان گاز طبیعی با دبی حجمی ۱۲۰،۰۰۰ $m^3/hr$ و فشاری معادل ۴۰۰psi وارد ایستگاه تقلیل فشار گاز شده و نخست جهت فیلتر شدن (زدودن مواد معلق و غیر معلق ازجمله روغن کمپرسور، گردوغبار، آب باقیمانده) از صافی گاز رد شده و سپس در دو مرحله کاهش فشار به واسطه دو عدد رگلاتور (فشارشکن) که در رگلاتور اولی فشار از ۴۰۰psi به ۳۲۰psi کاهش پیدا کرده و نهایتاً در مرحله دوم فشار گاز از ۳۲۰psi به ۲۵۰psi به‌واسطه رگلاتور (فشارشکن) دومی کاهش پیدا می‌کند. این ایستگاه چهار عدد خط دارد که یکی از آن‌ها به‌عنوان (bypass) خط کنارگذر می‌باشد که در واقع این خط کنارگذر جهت اطمینان از تأمین فشار ۲۵۰psi خروجی از ایستگاه در مواقع کاهش فشار ورودی ایستگاه به‌ویژه هنگام تعمیرات یکی از خطوط به کار گرفته می‌شود. در این ایستگاه از شیرهای قطع فشار (shutoff valve) جهت قطع جریان گاز هنگام بالارفتن فشار گاز از فشار تنظیمی (فشار خروجی رگلاتور) به میزان ۱۵٪ استفاده شده است. همچنین در این ایستگاه جهت مقابله با افزایش ناگهانی فشار از شیرهای اطمینان (safety valve) استفاده شده است که در واقع در هنگام بروز اختلال در عملکرد رگلاتورها و افزایش فشار گاز به میزان ۱۰٪ بالاتر از فشار تنظیمی جریان (فشار خروجی از رگلاتور) عمل می‌کنند (به‌صورت تخلیه بخشی از گاز به محیط اطراف). در شکل ۲ نمایی کلی از ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری را نمایش می‌دهد. گاز تصفیه شده خروجی فیلتر به سمت هیتر هدایت می‌گردد، هیتر ها جهت گرم نمودن گاز ورودی عمل می‌نمایند، چرا که طبق قوانین حاکم بر گازها، در اثر کاهش فشار گاز افت دما حاصل‌شده و موجب یخ بستن و تشکیل هیدراتهای یخی می‌گردد. لذا با پیش گرم کردن گاز و افزایش دما قبل از کاهش فشار، از یخ بستن در قسمت پایین‌دستی جریان جلوگیری می‌گردد. در قسمت خروجی، گاز را به‌منظور تشخیص و کشف نشت گاز قبل از ایجاد شرایط انفجار و همچنین تأمین ایمنی مصرف‌کنندگان به‌واسطه دستگاه بودار کننده (Gas odorizer) به روش تزریقی، بودار می‌کنند. مقدار ماده بودار کننده متناسب با حجم گاز و به میزانی که یک شخص با بویایی متوسط بتواند موقعی که مقدار گاز در هوا به یک‌پنجم حداقل قابلیت اشتعال (LFL) ( Lower Flammable Limit) برسد به‌راحتی آن را تشخیص بدهد، تزریق می‌شود. همین‌طور در این ایستگاه جهت سنجش مقدار جریان گاز از کنتور استفاده می‌شود.

**ارزیابی پیامدها:** سناریوهای تعیین‌شده مذکور در جدول ۱ به‌منظور تعیین میزان خطرات احتمالی، محدوده خطر و درنتیجه تعیین حریم در ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری موردمطالعه در نرم‌افزار PHAST ارزیابی می‌گردند. پیامد ناشی از انفجار به‌صورت میزان توزیع شدت موج انفجار و پیامد ناشی از آتش به‌صورت میزان توزیع شدت تشعشع می‌باشند که در نرم‌افزار PHAST بر مبنای سه شدت موج تعریف‌شده برای انفجار و سه سطح تشعشع تعریف‌شده برای آتش مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. اصولاً انتخاب سناریوها با توجه به تعریف ریسک

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

که تابعی از احتمال رخداد و شدت پیامد حاصله است بر مبنای این دو تابع خواهد بود. لذا در این مرحله سناریوهایی بررسی می‌شوند که احتمال رخ دادن آن‌ها بالا و همچنین پیامدهای آن‌ها دارای شدت و تأثیر زیاد باشند. محاسبه و شناسایی نقاط با احتمال و شدت بالا بر اساس اطلاعات و اسناد موجود در شناسایی مخاطرات هر واحد مختص آن واحد استخراج می‌گردد. با توجه به توضیحات داده‌شده، سناریوهای محتمل برای ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری واقع در منطقه برومی شهر اهواز تجربیات مهندسین فرآیند واحد و با توجه تحقیقات گذشته در این خصوص، به‌صورت نشت گاز از رگلاتور مرحله اول، رگلاتور مرحله دوم و فلنج شیر قطع کننده اضطراری و بر اساس داده‌های فرآیندی مذکور در جدول ۱ تعیین شدند.

**- مدل‌سازی پیامد**

سناریوهای تعیین‌شده در جدول ۱ بر اساس داده‌های فرآیندی نظیر فشار، دما، ترکیب درصد گاز طبیعی (جدول ۲)، دبی جریان گاز، ارتفاع از سطح زمین و همچنین مطابق معیار پایداری جوی پاسکوییل (جدول ۳) و داده‌های هواشناسی منطقه (جدول ۴) در نرم‌افزار PHAST نسخه ۸,۲۲ مدل می‌شوند. دبی حجمی جریان گاز در ایستگاه موردمطالعه برابر ۱۲۰ هزار مترمکعب در ساعت می‌باشد. خروجی مدل‌ها برای سناریوهای تعیین‌شده در جدول ۱ به‌صورت گزارش خلاصه پیامد و بر اساس سطوح تشعشع آتش و شدت‌های موج انفجار تعریف‌شده در نرم‌افزار PHAST می‌باشند. در جدول ۳، در تقسیم‌بندی پاسکوییل، کلاس جوی A و B نشان‌دهنده جو ناپایدار، C و D نشان‌دهنده جو خنثی و E و F نشان‌دهنده جو پایدار می‌باشند. کلاس جوی A/B بر اساس تقسیم‌بندی پاسکوییل بیانگر جو ناپایدار که اغلب در روز با درنظرگرفتن میزان تابش آفتاب در منطقه و کلاس جوی F بیانگر جو پایدار که اغلب در شب با درنظرگرفتن خفیف بودن باد اختیار شدند. همچنین بر اساس دستورالعمل مدل‌سازی حوادث بدترین شرایط همواره جزء سناریوهای موردبررسی خواهد بود و پیش فرض نرم‌افزار نیز بر روی اندازه نشتی در این حالت تنظیم‌شده است.

جدول ۱: سناریوهای تعیین‌شده

| فصل | ارتفاع از سطح زمین (m) | دمای میانگین (°C) | فشار (psi) | اندازه نشتی ( in ) | محل سناریو | سناریو | شماره سناریو |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زمستان | ۱ | ۱۳ | ۴۰۰ | ۴ | رگلاتور مرحله اول | leak | ۱ |
| تابستان | ۱ | ۳۰ | ۴۰۰ | ۴ | رگلاتور مرحله اول | leak | ۲ |
| زمستان | ۱ | ۱۲ | ۳۲۰ | ۴ | رگلاتور مرحله دوم | leak | ۳ |
| تابستان | ۱ | ۲۹ | ۳۲۰ | ۴ | رگلاتور مرحله دوم | leak | ۴ |
| زمستان | ۱ | ۱۳ | ۴۰۰ | ۶ | فلنج شیر قطع‌کننده اضطراری | leak | ۵ |
| تابستان | ۱ | ۳۰ | ۴۰۰ | ۶ | فلنج شیر قطع‌کننده اضطراری | leak | ۶ |

جدول ۲: آنالیز گاز طبیعی

| ترکیب درصد (% mol) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نرمال پنتان | ایزو پنتان | نرمال بوتان | ایزو بوتان | پروپان | اتان | متان | دی‌اکسیدکربن |
| ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۱۳ | ۰/۰۶ | ۰/۶۳ | ۴/۳۶ | ۹۴/۵۶ | ۰/۲۳ |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

جدول ۳: داده‌های ترمودینامیکی گوگرد گازی

| هوای کاملاً ابری در هر زمان از شبانه‌روز | معیار پایداری پاسکوییل<br>شب : درجه ابری بودن آسمان<br>بین ۰/۴ و ۰/۸ | کمتر از ۰/۴ | روز : میزان تابش خورشید<br>زیاد | متوسط | کم | سرعت باد (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | - | - | A | A-B | B | کمتر از ۲ |
| D | F | E | A-B | B | C | ۳-۲ |
| D | E | D | B | B-C | C | ۵-۳ |
| D | D | D | C | C-D | D | ۶-۵ |
| D | D | D | C | D | D | بیشتر از ۶ |

جدول ۴: داده‌های هواشناسی به‌کاررفته در نرم‌افزار PHAST بر اساس داده‌های سازمان هواشناسی برای اهواز و مطابق معیار پایداری جوی پاسکوییل

| فصل | دمای میانگین (°C) | | میانگین نسبت رطوبت % | سرعت باد میانگین ( m/s) | معیار پایداری جوی پاسکوییل | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شب | روز | | | شب | روز |
| زمستان | ۹ | ۱۹ | ۴۱ | ۲ | F | A/B |
| تابستان | ۲۹ | ۴۶ | ۱۰ | ۲ | F | A/B |

**- ارزیابی آسیب‌ها**

نتایج خروجی نرم‌افزار PHAST برای سناریوهای تعیین‌شده در جدول ۱ بر مبنای معیار سنجش آسیب‌های ایجاده شده در اثر تشعشع آتش و شدت موج انفجار مذکور بر اساس موارد موجود در مراجع مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (۲۰).

به‌عنوان نمونه در خصوص آسیب ایجادشده در اثر تشعشع آتش موارد شدت تشعشع با میزان $۴/۵\ kW/m^2$ شروع درد و سوختگی تا مقدار $۳۷/۵\ kW/m^2$ سبب خسارت به واحدها و تجهیزات فرآیندی، ایجاد مرگ آنی برای افراد در معرض آن می‌گردد. همچنین برای معیار آسیب ایجادشده در اثر موج انفجار حد آستانه عمومی برای شکستن پنجره‌ها در مقدار bar ۰/۰۱ تا احتمال تخریب کلی ساختمان‌ها در مقدار bar ۰/۷ وجود دارد. موارد بیشتر در مقادیر آستانه آسیب و تخریب در مرجع (۲۰) در دسترس است.

**نتایج و بحث**

نتایج ارزیابی پیامد نیز بر اساس حالت‌های مختلف تخلیه گاز، انتشار گاز، آتش فورانی، آتش ناگهانی، انفجار موردبررسی قرار گرفت و در جداول ۵ الی ۱۲ گزارش‌شده است. نتایج خروجی مربوط به هر یک از سناریوها به‌صورت شش جدول مرتبط با تخلیه گاز، انتشار گاز، آتش فورانی، آتش ناگهانی و انفجار گاز می‌باشند. تفاوت داده‌های خروجی در هر جدول یک سناریو مربوط به داده‌های هواشناسی و معیار پایداری پاسکوییل ویژه اوقات روز و شب می‌باشند.

نتایج خروجی انتشار گاز مربوط به هر یک از سناریوها بر اساس حد پایین اشتعال گاز، نتایج خروجی آتش فورانی در هر یک از سناریوها بر مبنای سه سطح تشعشع پیش فرض نرم‌افزار PHAST، نتایج خروجی آتش ناگهانی برای هر یک از سناریوها بر مبنای حد پایین اشتعال گاز و نتایج خروجی انفجار گاز مربوط به هر یک از سناریوها بر مبنای سه شدت موج انفجار پیش فرض نرم‌افزار PHAST می‌باشند.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

جدول ۵: گزارش خلاصه پیامد سناریوها

| شماره سناریو | نوع سناریو | اطلاعات هواشناسی* | دبی جریان (kg/s) | دما(C) | جزء جرمی مایع در جریان | قطر حباب $\mu m$ | قطر انبساط | سرعت m/s | زمان نهایی رهایش s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سناریو ۱ | نشتی | Day 2/A/B | ۳۶/۷ | -۱۰۹/۶ | ۰ | ۰ | ۰/۲۳ | ۶۷۰/۲ | ۱۹/۱ |
| | | Night 2/F | ۳۶/۷ | -۱۰۹/۶ | ۰ | ۰ | ۰/۲۳ | ۶۷۰/۲ | ۱۹/۱ |
| سناریو ۲ | نشتی | Day 2/A/B | ۳۵/۴ | -۹۸/۱ | ۰ | ۰ | ۰/۲۳ | ۶۹۴/۹ | ۱۸/۴ |
| | | Night 2/F | ۳۵/۴ | -۹۸/۱ | ۰ | ۰ | ۰/۲۳ | ۶۹۴/۹ | ۱۸/۴ |
| سناریو ۳ | نشتی | Day 2/A/B | ۲۹/۵ | -۱۰۷/۱ | ۰ | ۰ | ۰/۲۱ | ۶۶۸/۶ | ۱۹ |
| | | Night 2/F | ۲۹/۵ | -۱۰۷/۱ | ۰ | ۰ | ۰/۲۱ | ۶۶۸/۶ | ۱۹ |
| سناریو ۴ | نشتی | Day 2/A/B | ۲۸/۴ | -۹۵/۶ | ۰ | ۰ | ۰/۲۱ | ۶۹۲/۴ | ۱۸/۴ |
| | | Night 2/F | ۲۸/۴ | -۹۵/۶ | ۰ | ۰ | ۰/۲۱ | ۶۹۲/۴ | ۱۸/۴ |
| سناریو ۵ | نشتی | Day 2/A/B | ۸۲/۷ | -۱۰۹/۶ | ۰ | ۰ | ۰/۳۵ | ۶۷۰/۲ | ۸/۴ |
| | | Night 2/F | ۸۲/۷ | -۱۰۹/۶ | ۰ | ۰ | ۰/۳۵ | ۶۷۰/۲ | ۸/۴ |
| سناریو ۶ | نشتی | Day 2/A/B | ۷۹/۸ | -۹۸/۱ | ۰ | ۰ | ۰/۳۵ | ۶۹۴/۹ | ۸/۲ |
| | | Night 2/F | ۷۹/۸ | -۹۸/۱ | ۰ | ۰ | ۰/۳۵ | ۶۹۴/۹ | ۸/۲ |

*اطلاعات هوا شناسایی به ترتیب شامل روز/شب، سرعت باد(m/s) و کلاس پایداری پاسکویل است.

**گزارش خلاصه پیامد سناریوهای تعیین‌شده:** سناریوهای بررسی‌شده بر مبنای جدول ۱ با موضوع زمان پایان تخلیه گاز، سرعت تخلیه گاز، قطر انبساط گاز هنگام تخلیه، دمای گاز هنگام تخلیه و اوج دبی جرمی جریان گاز هنگام تخلیه در جدول ۵ آورده شده است که اوج دبی جرمی جریان گاز هنگام تخلیه برای هر دو کلاس جوی A/B و F در تمامی سناریوها با هم برابر می‌باشند.

سناریوهای بررسی‌شده بر مبنای جدول ۱ برای نتایج انتشار بر اساس فواصل محدوده در جدول ۶ آورده شده است که فاصله در جهت باد تا حد پایین اشتعال گاز طبیعی، و کسر حد پایین برای هر دو کلاس جوی A/B و F در تمامی سناریوها قابل‌مشاهده است. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده فاصله تا محدوده UFL در مدل‌سازی انجام‌شده حاصل نگردیده است.

جدول ۶. فاصله در جهت باد تا غلظت‌های تعریف‌شده

| شماره سناریو | نوع سناریو | اطلاعات هواشناسی | فاصله تا محدوده UFL (m) | فاصله تا محدوده LFL (m) | فاصله تا کسر LFL (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| سناریو ۱ | نشتی | Day 2/A/B | NA | ۵۹/۲ | ۱۵۴/۶ |
| | | Night 2/F | NA | ۶۱/۵ | ۱۲۶/۳ |
| سناریو ۲ | نشتی | Day 2/A/B | NA | ۶۰ | ۱۵۵/۸ |
| | | Night 2/F | NA | ۶۱/۳ | ۱۲۵/۷ |
| سناریو ۳ | نشتی | Day 2/A/B | NA | ۵۰/۶ | ۱۳۴/۶ |
| | | Night 2/F | NA | ۵۳/۶ | ۱۱۳/۴ |
| سناریو ۴ | نشتی | Day 2/A/B | NA | ۵۱/۵ | ۱۳۶ |
| | | Night 2/F | NA | ۵۳/۶ | ۱۱۳/۱ |
| سناریو ۵ | نشتی | Day 2/A/B | NA | ۱۰۲/۱ | ۱۹۷ |
| | | Night 2/F | NA | ۸۷/۴ | ۱۴۳/۸ |
| سناریو ۶ | نشتی | Day 2/A/B | NA | ۱۰۳/۱ | ۱۹۷/۸ |
| | | Night 2/F | NA | ۸۷/۲ | ۱۴۳/۳ |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

نتایج بر اساس فاصله در جهت باد تا سطوح ۱، ۲ و ۳ تشعشع آتش فورانی و همچنین طول شعله برای هر دو کلاس جوی A/B و F برای سناریوهای بررسی‌شده بر مبنای جدول ۱ در جدول ۷ قابل‌دسترس است. در خصوص آتش ناگهانی نتایج بر اساس فاصله در جهت باد تا حد پایین اشتعال گاز طبیعی برای هر دو کلاس جوی A/B و F در جدول ۸ ارائه‌شده است بنا بر نتایج سناریوهای تعیین‌شده فواصل به‌دست‌آمده برای آتش ناگهانی با نتایج انتشار گاز یکسان می‌باشند.

جدول ۷: فاصله در جهت باد تا سطوح تشعشع تعریف‌شده

| شماره سناریو | نوع سناریو | اطلاعات هواشناسی | طول شعله (m) | فاصله تا شدت تشعشع سطح۱* در مسیر باد (m) | فاصله تا شدت تشعشع سطح۲* در مسیر باد (m) | فاصله تا شدت تشعشع سطح۳* در مسیر باد (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سناریو ۱ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۵ | ۱۰۲/۳ | ۷۸/۱ | ۶۱/۶ |
| | | Night 2/F | ۵۴/۱ | ۱۰۳/۱ | ۷۸/۳ | ۶۱/۹ |
| سناریو ۲ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۵/۹ | ۱۰۰/۹ | ۷۷/۶ | ۶۱/۱ |
| | | Night 2/F | ۵۴/۵ | ۱۰۱/۸ | ۷۷/۷ | ۶۱/۵ |
| سناریو ۳ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۰ | ۹۱/۹ | ۷۰/۴ | ۵۵/۸ |
| | | Night 2/F | ۴۹/۲ | ۹۲/۵ | ۷۰/۶ | ۵۶ |
| سناریو ۴ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۰/۸ | ۹۰/۷ | ۷۰/۱ | ۵۵/۴ |
| | | Night 2/F | ۴۹/۶ | ۹۱/۴ | ۷۰/۱ | ۵۵/۸ |
| سناریو ۵ | نشتی | Day 2/A/B | ۷۷/۴ | ۱۵۱/۲ | ۱۱۳/۳ | ۸۷/۲ |
| | | Night 2/F | ۷۶/۲ | ۱۵۲ | ۱۱۳/۳ | ۸۷/۵ |
| سناریو ۶ | نشتی | Day 2/A/B | ۷۸/۸ | ۱۴۸/۹ | ۱۱۲/۴ | ۸۶/۵ |
| | | Night 2/F | ۷۷ | ۱۵۱/۱ | ۱۱۳/۱ | ۸۷/۷ |

*شدت تشعشع سطح ۱: $kW/m^2$ ۴، سطح۲: $kW/m^2$ ۱۲/۵ و سطح ۳: $kW/m^2$ ۳۷/۵

جدول ۸: فاصله در جهت باد تا غلظت‌های تعریف‌شده

| شماره سناریو | نوع سناریو | اطلاعات هواشناسی* | فاصله تا محدوده LFL در مسیر باد (m) | فاصله تا کسر در مسیر بادLFL در مسیر باد (m) |
|---|---|---|---|---|
| سناریو ۱ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۹/۲ | ۱۵۴/۶ |
| | | Night 2/F | ۶۱/۵ | ۱۲۶/۳ |
| سناریو ۲ | نشتی | Day 2/A/B | ۶۰ | ۱۵۵/۸ |
| | | Night 2/F | ۶۱/۳ | ۱۲۵/۷ |
| سناریو ۳ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۰/۶ | ۱۳۴/۶ |
| | | Night 2/F | ۵۳/۶ | ۱۱۳/۴ |
| سناریو ۴ | نشتی | Day 2/A/B | ۵۱/۵ | ۱۳۶ |
| | | Night 2/F | ۵۳/۶ | ۱۱۳/۱ |
| سناریو ۵ | نشتی | Day 2/A/B | ۱۰۲/۱ | ۱۹۷ |
| | | Night 2/F | ۸۷/۴ | ۱۴۳/۸ |
| سناریو ۶ | نشتی | Day 2/A/B | ۱۰۳/۱ | ۱۹۷/۸ |
| | | Night 2/F | ۸۷/۲ | ۱۴۳/۳ |

نتایج به‌صورت قطر انفجار و بیشینه فاصله از محل سناریو در جهت باد تا شدت‌های موج انفجار تعریف‌شده برای هر دو کلاس جوی A/B و F برای ۶ سناریو تعیین‌شده در جدول ۹ ارائه‌شده است.

نتایج برای داده‌های تکمیلی برای بدترین سناریوهای انفجار در جدول ۱۰ آورده شده است. نتایج به‌صورت مرکز انفجار، مرکز ابر، منبع احتراق (از محل سناریو و در جهت باد) و همچنین زمان احتراق و جرم قابل اشتعال انفجار برای شدت‌های موج تعریف‌شده و هر دو کلاس جوی A/B و F به دست آمد.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

جدول ۹: سناریوهای انفجار در بدترین حالت تا شدت‌های موج انفجار تعریف‌شده

| شماره | نوع سناریو | قطر[m] | بیشینه فاصله[m] | سطح Overpressure [bar] | شرایط جوی |
|---|---|---|---|---|---|
| سناریو ۱ | نشتی | ۲۶۳/۸ | ۲۷۱/۹ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B |
| | | ۴۰/۴ | ۱۷۰/۲ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۳۰/۳ | ۱۶۵/۱ | ۰/۲۰۶۸ | |
| | | ۲۹۱/۲ | ۲۶۵/۶ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F |
| | | ۵۶/۶ | ۱۴۸/۳ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۴۲/۴ | ۱۴۱/۲ | ۰/۲۰۶۸ | |
| سناریو ۲ | نشتی | ۲۴۰/۱ | ۲۷۰ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B |
| | | ۴۶/۶ | ۱۷۳/۳ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۳۴/۹ | ۱۶۷/۴ | ۰/۲۰۶۸ | |
| | | ۲۸۴/۷ | ۲۶۲/۳ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F |
| | | ۵۵/۳ | ۱۴۷/۶ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۴۱/۴ | ۱۴۰/۷ | ۰/۲۰۶۸ | |
| سناریو ۳ | نشتی | ۲۳۳/۶ | ۲۴۶/۸ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B |
| | | ۴۵/۴ | ۱۵۲/۷ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۳۴ | ۱۴۷ | ۰/۲۰۶۸ | |
| | | ۲۵۷/۲ | ۲۳۸/۶ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F |
| | | ۵۰ | ۱۳۵ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۳۷/۴ | ۱۲۸/۷ | ۰/۲۰۶۸ | |
| سناریو ۴ | نشتی | ۲۲۹/۲ | ۲۴۴/۶ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B |
| | | ۴۴/۵ | ۱۵۲/۲ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۳۳/۴ | ۱۴۶/۷ | ۰/۲۰۶۸ | |
| | | ۲۵۱/۸ | ۲۳۵/۹ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F |
| | | ۴۸/۹ | ۱۳۴/۴ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۳۶/۷ | ۱۲۸/۳ | ۰/۲۰۶۸ | |
| سناریو ۵ | نشتی | ۴۱۳/۵ | ۳۴۶/۷ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B |
| | | ۱/۱ | ۱۹۰/۵ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۰/۸ | ۱۹۰/۴ | ۰/۲۰۶۸ | |
| | | ۴۵۷/۱ | ۳۵۸/۵ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F |
| | | ۸۸/۸ | ۱۷۴/۴ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۴۸/۳ | ۱۶۴/۱ | ۰/۲۰۶۸ | |
| سناریو ۶ | نشتی | ۴۰۴/۱ | ۳۴۲ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B |
| | | ۲/۱ | ۱۹۱ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۱/۵ | ۱۹۰/۷ | ۰/۲۰۶۸ | |
| | | ۴۴۵/۱ | ۳۵۲/۵ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F |
| | | ۸۶/۵ | ۱۷۳/۲ | ۰/۱۳۷۹ | |
| | | ۴۶ | ۱۶۳ | ۰/۲۰۶۸ | |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

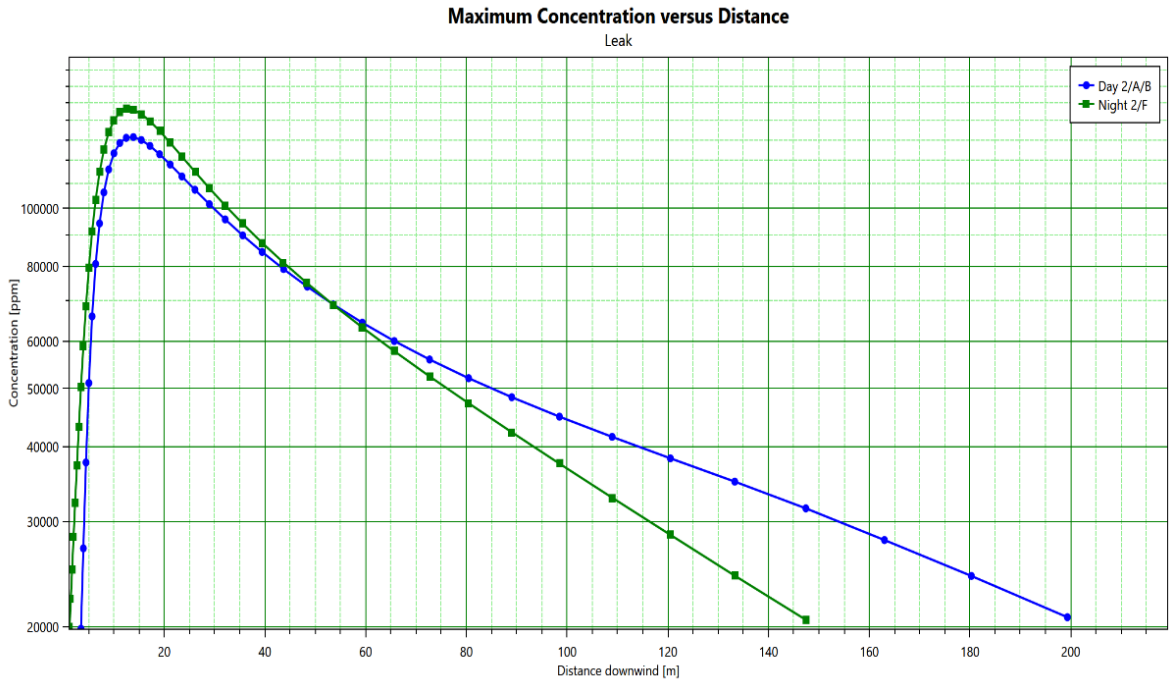
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

جدول ۱۰: داده‌های تکمیلی برای بدترین سناریوهای انفجار

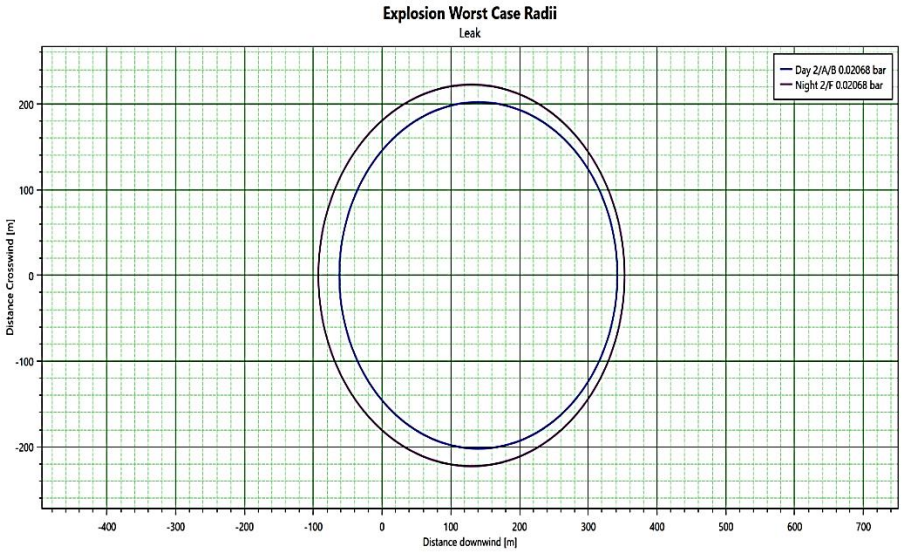
| شماره | مرکز انفجار [m] | مرکز ابر گازی[m] | منبع جرقه [m] | زمان رسیدن به جرقه [s] | جرم قابل اشتعال/انفجار [kg] | سطح Overpressure [bar] | شرایط جوی | نوع سناریو |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱۴۰ | ۳۱ | ۱۴۰ | ۱۵/۴ | ۲۵/۴ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B | نشتی |
| | ۱۵۰ | ۴۳/۷ | ۱۵۰ | ۱۹/۸ | ۱۲/۴ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| سناریو | ۱۵۰ | ۴۳/۷ | ۱۵۰ | ۱۹/۸ | ۱۲/۴ | ۰/۲۰۶۸ | | |
| ۱ | ۱۲۰ | ۳۳/۳ | ۱۲۰ | ۱۷/۵ | ۳۴/۲ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F | |
| | ۱۲۰ | ۳۳/۳ | ۱۲۰ | ۱۷/۵ | ۳۴/۲ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| | ۱۲۰ | ۳۳/۳ | ۱۲۰ | ۱۷/۵ | ۳۴/۲ | ۰/۲۰۶۸ | | |
| | ۱۵۰ | ۳۶/۶ | ۱۵۰ | ۱۸/۷ | ۱۹/۲ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B | |
| | ۱۵۰ | ۳۶/۶ | ۱۵۰ | ۱۸/۷ | ۱۹/۲ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| سناریو | ۱۵۰ | ۳۶/۶ | ۱۵۰ | ۱۸/۷ | ۱۹/۲ | ۰/۲۰۶۸ | | نشتی |
| ۲ | ۱۲۰ | ۳۳/۴ | ۱۲۰ | ۱۷/۲ | ۳۲ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F | |
| | ۱۲۰ | ۳۳/۴ | ۱۲۰ | ۱۷/۲ | ۳۲ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| | ۱۲۰ | ۳۳/۴ | ۱۲۰ | ۱۷/۲ | ۳۲ | ۰/۲۰۶۸ | | |
| | ۱۳۰ | ۲۷/۲ | ۱۳۰ | ۱۶/۴ | ۱۷/۷ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B | |
| | ۱۳۰ | ۲۷/۲ | ۱۳۰ | ۱۶/۴ | ۱۷/۷ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| سناریو | ۱۳۰ | ۲۷/۲ | ۱۳۰ | ۱۶/۴ | ۱۷/۷ | ۰/۲۰۶۸ | | نشتی |
| ۳ | ۱۱۰ | ۲۹/۲ | ۱۱۰ | ۱۸/۴ | ۲۳/۶ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F | |
| | ۱۱۰ | ۲۹/۲ | ۱۱۰ | ۱۸/۴ | ۲۳/۶ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| | ۱۱۰ | ۲۹/۲ | ۱۱۰ | ۱۸/۴ | ۲۳/۶ | ۰/۲۰۶۸ | | |
| | ۱۳۰ | ۲۷/۶ | ۱۳۰ | ۱۵/۵ | ۱۶/۷ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B | |
| | ۱۳۰ | ۲۷/۶ | ۱۳۰ | ۱۵/۵ | ۱۶/۷ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| سناریو | ۱۳۰ | ۲۷/۶ | ۱۳۰ | ۱۵/۵ | ۱۶/۷ | ۰/۲۰۶۸ | | نشتی |
| ۴ | ۱۱۰ | ۲۹/۴ | ۱۱۰ | ۱۸ | ۲۲/۱ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F | |
| | ۱۱۰ | ۲۹/۴ | ۱۱۰ | ۱۸ | ۲۲/۱ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| | ۱۱۰ | ۲۹/۴ | ۱۱۰ | ۱۸ | ۲۲/۱ | ۰/۲۰۶۸ | | |
| | ۱۴۰ | ۵۰/۸ | ۱۴۰ | ۸/۱ | ۹۸ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B | |
| | ۱۹۰ | ۰/۸۶ | ۱۹۰ | ۱۶/۹ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| سناریو | ۱۹۰ | ۰/۸۶ | ۱۹۰ | ۱۶/۹ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۲۰۶۸ | | نشتی |
| ۵ | ۱۳۰ | ۵۴ | ۱۳۰ | ۸/۴ | ۱۳۲/۴ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F | |
| | ۱۳۰ | ۵۴ | ۱۳۰ | ۸/۴ | ۱۳۲/۴ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| | ۱۳۰ | ۷۹/۳ | ۱۳۰ | ۱۰/۳ | ۵۰/۵ | ۰/۲۰۶۸ | | |
| | ۱۴۰ | ۵۱/۱ | ۱۴۰ | ۷/۷ | ۹۱/۵ | ۰/۰۲۰۶۸ | Day 2/A/B | |
| | ۱۹۰ | ۵/۴ | ۱۹۰ | ۱۶/۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| سناریو | ۱۹۰ | ۵/۴ | ۱۹۰ | ۱۶/۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۲۰۶۸ | | نشتی |
| ۶ | ۱۳۰ | ۵۳/۸ | ۱۳۰ | ۸/۱ | ۱۲۲/۳ | ۰/۰۲۰۶۸ | Night 2/F | |
| | ۱۳۰ | ۵۳/۸ | ۱۳۰ | ۸/۱ | ۱۲۲/۳ | ۰/۱۳۷۹ | | |
| | ۱۴۰ | ۸۰/۱ | ۱۴۰ | ۱۰ | ۴۳/۶ | ۰/۲۰۶۸ | | |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]




شکل ۳: نمودار حداکثر غلظت در مقابل فاصله




شکل ۴: نمودار شعاع انفجار در بدترین حالت

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

جدول ۱۱: نتایج (محدوده) انتشار گاز

| شماره سناریو | کلاس جوی | فاصله در جهت باد از محل سناریو تا حد پایین اشتعال گاز (m) | بیشینه پوشش ابرگاز با غلظت ۲۱۶۶۳/۳ppm در جهت باد ($m^2$) |
|---|---|---|---|
| ۱ | F | ۱۲۶/۳ | ۱۰۷۲/۳ |
| | A/B | ۱۵۴/۶ | ۱۲۴۶/۵ |
| ۲ | F | ۱۲۵/۷ | ۱۰۶۶/۶ |
| | A/B | ۱۵۵/۸ | ۱۲۶۵/۱ |
| ۳ | F | ۱۱۳/۴ | ۸۶۴/۷ |
| | A/B | ۱۳۴/۶ | ۹۵۱/۸ |
| ۴ | F | ۱۱۳/۱ | ۸۶۱/۹ |
| | A/B | ۱۳۶ | ۹۶۸ |
| ۵ | F | ۱۴۳/۸ | ۱۶۰۸/۱ |
| | A/B | ۱۹۷ | ۲۴۱۶/۹ |
| ۶ | F | ۱۴۳/۳ | ۱۵۹۹/۸ |
| | A/B | ۱۹۷/۸ | ۲۴۴۲/۱ |

**نتیجه‌گیری**

با توجه به یافته‌های تحقیق (گزارش پیامد سناریوهای موردمطالعه) بیشترین محدوده‌های خطر مربوط به نتایج انتشار گاز و نتایج انفجار گاز می‌باشند و لذا تعیین حریم ایمن در ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی برون‌شهری واقع در منطقه برومی اهواز بر اساس نتایج انتشار و انفجار گاز صورت می‌گیرد. برای روشن شدن بهتر نتایج علاوه بر اعداد گزارش‌شده در شکل‌های ۳ و۴ به ترتیب حداکثر غلظت در مقابل فاصله و شعاع انفجار در بدترین حالت نمایش داده‌شده است. بر مبنای شکل ۳ حداکثر غلظت گاز نشر یافته در بازه ۱۰ تا ۱۵ متری در مسیر جریان باد اتفاق افتاده است. به‌وضوح در شکل کاهش غلظت به سبب انتشار گاز در مسیر باد قابل‌مشاهده می‌باشد. این کاهش به کمینه مقدار خود در فاصله ۱۴۰ متری و ۲۰۰ متری به ترتیب در شب و روز خواهد رسید. همچنین بر مبنای سناریو بدترین حالت ممکن در مسیر باد شعاع انفجار می‌تواند تا ۳۶۰ متر و در خلاف مسیر باد تا حدود ۱۰۰ متر و در جهت عمود بر باد بیش از ۲۲۰ متری توسعه یابد. همچنین با توجه به نتایج (محدوده) انتشار گاز (جدول ۱۱) و نتایج (محدوده) انفجار گاز (جدول ۱۲)، بیشترین میزان انتشار گاز برحسب فاصله در جهت باد تا حد پایین اشتعال گاز تعریف‌شده در نرم‌افزار PHAST و همچنین حداکثر فاصله در جهت باد در بدترین حالت تا شدت‌های موج انفجار تعریف‌شده در نرم‌افزار PHAST مربوط به سناریوهای شماره پنج و شش به ترتیب زیر می‌باشند :

۱.نتایج سناریوی شماره پنج برای انتشار گاز عبارتند از :

۱۹۷ متر برای کلاس جوی A/B .

۱۴۳/۸ متر برای کلاس جوی F .

۲.نتایج سناریوی شماره شش برای انتشار گاز عبارتند از :

۱۹۷/۸ متر برای کلاس جوی A/B .

۱۴۳/۳ متر برای کلاس جوی F .

۳.نتایج سناریوی شماره پنج برای انفجار گاز با شدت موج bar ۰/۰۲۰۶۸ عبارتند از :

۳۴۶/۷ متر برای کلاس جوی A/B .

۳۵۸/۵ متر برای کلاس جوی F .

۴.نتایج سناریوی شماره شش برای انفجار گاز با شدت موج bar ۰/۰۲۰۶۸ عبارتند از :

۳۴۲ متر برای کلاس جوی A/B .

۳۵۲/۵ متر برای کلاس جوی F .

با توجه به نتایج، بیشترین محدوده خطر متعلق به سناریوی شماره پنج برای انفجار گاز باکلاس جوی F و شدت موج bar ۰/۰۲۰۶۸ و برابر ۳۵۸/۵ متر می‌باشد. در این محدوده با توجه به جدول خسارت ناشی از انفجار (جداول ۱۰ و ۱۲) به احتمال ۹۵٪ خسارت جدی به وجود نمی‌آید اما ۵۰٪ شیشه پنجره‌ها شکسته می‌شود و بدین‌جهت می‌تواند سبب صدمات انسانی گردد. بر این اساس حریم ایمن در ایستگاه تقلیل فشار گاز برون‌شهری منطقه برومی شهر اهواز برابر ۳۵۸/۵ متر تعیین می‌گردد.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

جدول ۱۲: نتایج (محدوده) انفجار گاز

| شماره سناریو | کلاس جوی | شدت موج انفجار (bar) | حداکثر فاصله از محل سناریو در جهت باد در بدترین حالت (m) |
|---|---|---|---|
| ۱ | F | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۶۵/۶ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۴۸/۳ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۴۱/۲ |
| | A/B | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۷۱/۹ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۷۰/۲ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۶۵/۱ |
| ۲ | F | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۶۲/۳ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۴۷/۶ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۴۰/۷ |
| | A/B | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۷۰ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۷۳/۳ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۶۷/۴ |
| ۳ | F | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۳۸/۶ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۳۵ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۲۸/۷ |
| | A/B | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۴۶/۸ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۵۲/۷ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۴۷ |
| ۴ | F | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۳۵/۹ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۳۴/۴ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۲۸/۳ |
| | A/B | ۰/۰۲۰۶۸ | ۲۴۴/۶ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۵۲/۲ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۴۶/۷ |
| ۵ | F | ۰/۰۲۰۶۸ | ۳۵۸/۵ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۷۴/۴ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۶۴/۱ |
| | A/B | ۰/۰۲۰۶۸ | ۳۴۶/۷ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۹۰/۵ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۹۰/۴ |
| ۶ | F | ۰/۰۲۰۶۸ | ۳۵۲/۵ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۷۳/۲ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۶۳ |
| | A/B | ۰/۰۲۰۶۸ | ۳۴۲ |
| | | ۰/۱۳۷۹ | ۱۹۱ |
| | | ۰/۲۰۶۸ | ۱۹۰/۷ |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

**سپاسگزاری**

این مقاله بر اساس طرح حمایت از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد با پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اهواز انجام گردیده شده است. بدین‌وسیله از همکاری این شرکت و دانشگاه سیستان و بلوچستان کمال تشکر و قدردانی را داریم.

## *Refrences*

1. Ebrahimi S, Agha Seyed Jafar Kashfi M. Identification and evaluation of environmental, social, safety, security and health consequences (ESHIA) of upstream projects of the oil and gas industry. Comparative Law Studies. 2015; 7(1): 1-22.
2. Anna D, Yuli W, Yi G. Development and application of screw expander in natural gas pressure energy recovery at city gas station. Applied Thermal Engineering. 2018; 142: 665-673.
3. Ebrahemzadih M, Foroghi nasab F, Mortazavi M, Soltani Gerdfaramarzi R. Analysis of Processing Accidents due to H2S in Clot Stuck Unit of one of the South Pars Refineries Leakage Using Determination of Safe Privacy Approach. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2015; 7(3): 11-18.
4. Ghasemi M, Givehchi S, Nasrabadi M. Modeling The Outcome Of Tank Explosion Using Phast Software And Presentation Of Emergency Operations Plan (Case Study: Ethylene Tank Of Kavian Petrochemical Company). Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2016; 8: 2007-2021.
5. Nowrozi B. Evaluating the consequences and determining the safety of gas pipelines with PHAST software in one of the provincial gas companies. Master's thesis in Chemical Engineering, Faculty of Chemical, Oil and Gas Engineering, 2016.
6. Setareshenas seghalani N. Analyzing the consequences of spreading chlorine gas in urban and industrial areas. Master's Thesis in Chemical Engineering, University of Sistan and Baluchistan, 2019.
7. Pourqadiri A, Ashrafi F, Farhadian Esfahani M. Safety, health and environment in pressure reduction stations and gas transmission lines. The first national HSE conference with the approach of upstream oil and gas industries, Abadan, 2013.
8. Mousavi SA. Quantitative assessment of risk caused by process accidents in Ramsar gas pressure boosting station, Master's thesis in chemical engineering. Islamic Azad University, Shahrood Branch, Faculty of Engineering, 2013.
9. Tabrizian SA. review of different methods of removing hydrogen sulfide. The second national conference of modern sciences and technologies of Iran, Tehran, 2015.
10. Ebrahimzadeh M, Foroghi Nesab F, Mortazavi Mehrizi M, Soltani Gardframarzi R. Analysis of process accidents caused by hydrogen sulfide gas leakage from the coagulation unit of one of the South Pars refineries with the approach of determining the safe zone. tkj. 2014; 7(3): 11-18.
11. Norian G, Amiri F. safety risk assessment of suburban natural gas pressure reduction station with FAST software. Fourth International Research Conference on Science and Technology, 2015.
12. Minabi A. Simulation of the concentration and distribution of hydrogen sulfide gas caused by the waste incinerators of the sulfur recycling unit in a gas refinery in Asalouye. Faculty of Environment and Energy, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, 2016.
13. Movahed AR, Jahani F, Parvini M, Shakib M. Consequence Analysis of Gas Condensate Leakage in a Gas Refinery to Develop an Emergency Response Plan. J Occup Hyg Eng. 201 9 ; 6 ( 2): 1 - 8. DOI: 10.52547/johe. 6.2.1.
14. Nemati A. investigation of gas release damage from propane tank using PHAST software. Oil and gas exploration and production magazine. 2018; 168: 17-27.
15. Tian, Xinghao, Jiao, Wenling, Liu, Tianjie, Ren, Lemei, & Song, Bin (2021). Leakage detection of low-pressure gas distribution pipeline system based on linear fitting and extreme learning machine. International Journal of Pressure Vessels and Piping, v. doi:101016/jijpvp2021104553
16. Hao Xu, Hongchao Liu, Optimize Evacuation Route Considering the Operational Cost as a Constraint, International Journal of Transportation Science and Technology, Volume 2, Issue 1, 2013, Pages 65-78, ISSN 2046-0430, https://doi.org/10.1260/2046-0430.2.1.65.
17. Seung-Kwon S, Young-Gak Y, Ju-sung L, Jonggeol N, Chul-Jin L. Deep Neural Network-based Optimization Framework for Safety Evacuation Route during Toxic Gas Leak Incidents. Reliability Engineering & System Safety. 2022; 218: 108102-108118.
18. Abdolhamidzadeh B, Abbasi T, Rashtchian D, Abbasi SA. Domino effect in process-industry accidents–an inventory of past events and identification of some patterns. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2011; 24(5): 575-593.
19. Haider Asadi S. Safety of natural gas in gas supply. National Gas Company, 2019.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

20. Khanche Sepehruddin S. Analysis of the consequences of the explosion and fire incident in the suburban natural gas pressure reduction station number two, Urmia city. Master's thesis in chemical engineering, Urmia University of Technology. 2016.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

## پیوست ۱. اطلاعات تکمیلی در خصوص جداول ناشی از خسارات

جدول پ-۱. معیار ارزیابی آسیب ایجاده شده در اثر تشعشع آتش [۲۰].

| شدت تشعشع ($kw/m^2$) | آسیب |
|---|---|
| ۳۷/۵ | خسارت به واحدها و تجهیزات فرآیندی، ایجاد مرگ آنی برای افراد در معرض آن |
| ۲۰ | آسیب جدی به افراد در معرض آن، در صورت نرسیدن تیم نجات موجب مرگ می‌شود |
| ۱۲/۵ | حداقل انرژی لازم برای ایجاد جرقه در پایلوت های چوبی و ذوب شدن مواد پلاستیکی |
| ۴/۵ | ایجاد درد در افرادی که حداقل ۲۰ ثانیه در معرض آن می‌باشند، سوختگی درجه اول |
| ۱/۶ | در اثر تماس طولانی ایجاد عوارض نسبتاً خفیفی می کند |
| ۰/۷ | تابش خورشیدی |

جدول پ-۲. درصد تلفات ناشی از تشعشع آتش بر حسب مدت زمان اعمال [۲۰].

| میزان تشعشع ($kw/m^2$) | درصد تلفات ایجادشده بر حسب مدت‌زمان اعمال تشعشع ناشی از آتش (sec) | | |
|---|---|---|---|
| | ٪۱ | ٪۵۰ | ۹۹٪ |
| ۴ | ۱۵۰ | ۳۷۰ | ۹۳۰ |
| ۱۲/۵ | ۳۰ | ۸۰ | ۲۰۰ |
| ۳۷/۵ | ۸ | ۲۰ | ۵۰ |

جدول پ-۳. معیار ارزیابی آسیب ایجادشده در اثر موج انفجار [۲۰].

| شدت موج (bar) | آسیب |
|---|---|
| ۵۰/۰۰۱ | صدای آزار دهنده |
| ۰/۰۰۲ | عدم خسارت به سازه ها، در برخی مواقع شکستن شیشه پنجره‌های بزرگ که قبلا تحت تنش کششی بوده اند |
| /۰۰۳۰ | صدای بلند شبیه شکستن دیوار صوتی، در برخی مواقع شکستن شیشه ها |
| ۰/۰۰۷ | شکستن پنجره‌های کوچک تحت تنش کششی |
| ۰/۰۱ | حد آستانه عمومی برای شکستن پنجره‌ها |
| ۰/۰۲ | به احتمال ۹۵٪ خسارت جدی در این محدوده وجود ندارد، ۵۰٪ شیشه پنجره‌ها شکسته می‌شود |
| ۰/۰۳ | خسارت جزیی و محدود به سازه ها |
| ۰/۰۷-۰/۰۳۵ | پنجره‌ها عموما شکسته می‌شوند، در برخی مواقع صدمه به قاب پنجره‌ها |
| ۰/۰۵ | خسارت جزیی به سازه خانه ها |
| ۰/۰۷ | انهدام سقف تانک ها |
| ۰/۰۸ | تخریب قسمتی از خانه ها، غیر قابل سکونت شدن آن‌ها |
| ۰/۱۵-۰/۰۷ | آزبست های موج دار شکسته می‌شوند، بست پانل های فولادی یا آلومینیمی موج دار تخریب شده و خم خواهد شد، بست پانل های چوبی تخریب شده و پانل ها فرو می ریزند |
| ۰/۱ | تخریب جزیی قاب فلزی ساختمان های نماسازی شده |
| ۰/۱۵ | تخریب قسمتی از دیوارها و سقف خانه ها |
| ۰/۲-۰/۱۵ | تخریب بتن غیر مسلح یا دیوارهای ساخته شده با بلوک های سیمانی |
| ۰/۱۸ | حد پایین خسارت جدی به ساختمان ها، ۵۰٪ تخریب قسمت های آجری خانه ها |
| ۰/۲ | ماشین آلات سنگین در ساختمان های صنعتی خسارت جزیی می بینند، قابهای فولادی ساختمان ها تخریب شده و از محل فونداسیون بیرون |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

| | |
|---|---|
| | کشیده می‌شوند |
| ۰/۲۸-۰/۲ | ساختمان های دارای پانل فولادی قاب دار یا بدون قاب ویران می‌شوند، شکست مخازن ذخیره نفت |
| ۰/۴-۰/۲ | درخت های بزرگ سقوط می کنند |
| ۰/۳ | روکش فلزی ساختمان های صنعتی سبک پاره می‌شود، پانل های چوبی تخریب می‌شوند |
| ۰/۳۵ | شکست تیرهای چوبی برق و تلفن، تخریب بیشتر ساختمان ها بجز ساختمان های با دیواره های بتن مسلح، بدنه اتومبیل ها و کامیون ها به سمت داخل فرو می روند |
| ۰/۴-۰/۳۵ | جابجایی پل های لوله ها، شکستگی لوله کشی ها |
| ۰/۵-۰/۳۵ | تخریب تقریبا کامل خانه ها |
| ۰/۵۵-۰/۴ | فروریختن پل های لوله ها |
| ۰/۵ | ماشین های تانکردار پرشده، واگن های قطار و دیوارهای آجری به ضخامت ۲۰-۳۰ سانتیمتر واژگون و ویران می‌شوند |
| ۰/۵۵-۰/۵ | پانل های آجری غیر مسلح، دیوارهای آجری به ضخامت ۲۵-۳۵ سانتیمتر تخریب شده یا خم می‌شوند |
| ۰/۶ | قطارهای بارگیری شده کاملا تخریب می‌شوند |
| ۰/۷ | احتمال تخریب کلی ساختمان ها وجود دارد، ابزارآلات ماشینی سنگین جابجا شده و به شدت صدمه می بینند |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]

[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]

# *Consequences modeling and determining of safe distance in the natural gas pressure reduction station using PHAST software (Case study: Borumi station in Ahvaz)*

**Torfi Alivi A [1], Shahraki F [2], Sardashti Birjandi MR [3*], Khalilipour MM [4]**

[1] Masters student, Department of Chemical Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[2] Professor Department of Chemical Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

## *Abstract*

***Introduction:*** Gas pressure reduction stations are one of the most important parts of natural gas distribution networks. Risk assessment in operational units is a suitable method to assess risks, and their results can be used for management and decision-making regarding control and reduction of its consequences without critical concern. In other words, risk assessment is a process that identifies risks, assesses losses and determines risk characteristics. The present study aimed to model possible accidents, the subsequent evaluation of the consequences, and determination of safe boundaries in the suburban natural gas pressure reduction station located in the Bromi area of Ahvaz city using PHAST software.

***Materials and Methods:*** In this study, possible scenarios based on the investigated background and utilizing the process data of the studied gas pressure reduction station, such as temperature, gas pressure, gas analysis, and meteorological data, and also using Pasquil's classification of atmospheric conditions the safe boundaries in the suburban natural gas pressure reduction station was investigated using PHAST software version 22.8 and. For this purpose, 6 possible scenarios were investigated in the selected atmospheric classes as well as the worst possible conditions. The consequences were evaluated based on different states of gas discharge, gas release, flash fire, sudden fire, and explosion.

***Results:*** Based on the obtained results, the areas with high-risk potential were related to gas release and explosion, respectively. Also, the highest risk range belonging to scenario number five was reported for a gas explosion with atmospheric class F and wave intensity of 0.02068 bars and equivalent to 358.5 meters. In this range, according to the damage caused by the explosion, with a probability of 95%, without serious damage, 50% of the windows will be broken, and therefore it can cause human injuries. Based on this, the safe distance in this station was determined to be 358.5 meters.

***Conclusion:*** Based on concerns about the lack of risk assessment studies over the initial phases and during the operation of the station, the study shows that determining the safe boundaries and high-risk areas along with the priority of risk reduction is very necessary. It can be concluded that the modeling of accidents and the evaluation of the resulting consequences along with the determination of safe boundaries is one of the basic factors in the health of the working environment of personnel and the general public.

***Keywords:*** Toxic Gas Release, Explosion Modeling, Process Accident Modeling, Quantitative Risk Assessment, PHAST Software

*This paper should be cited as:*
Torfi Alivi A, Shahraki F, Sardashti Birjandi MR, Khalilipour L MM. Consequences modeling and determining of safe distance in the natural gas pressure reduction station using PHAST software (Case study: Borumi station in Ahvaz). Occupational Medicine Quarterly Journal. 2023; 15(1): 37-57.

**** Corresponding Author:***
***Email: m.r_sardashti@eng.usb.ac.ir***
***Tel: +985431132440***
***Received: 16.12.2022*** ***Accepted: 06.06.2023***

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06 ]
[ DOI: 10.18502/tkj.v15i1.12978 ]