

بهینه سازی محاسبه محدوده نواحی خطر در طبقه بندی مناطق خطرناک با رویکرد مبتنی بر ریسک

حسین زهدی راد^۱ - تقی عبادی^{۲*} - سعید گیوه چی^۳

tebadi@aut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۷

چکیده

مقدمه: بروز نشتی از تجهیزات فرآیندی و ورود سیالات قابل اشتعال به محیط اطراف موجب به وجود آمدن ابرگاز قابل اشتعال خواهد شد. برخورد این ابر گاز قابل اشتعال با منبع جرقه پیامد آتش ناگهانی و انفجار را به دنبال خواهد داشت. مفهوم کاهش احتمال تلاقی میان این ابر گاز قابل اشتعال و منابع جرقه بالقوه به عنوان طبقه بندی مناطق خطرناک شناخته می شود. استانداردهای فراوانی به ارایه روش هایی به منظور طبقه بندی مناطق خطرناک پرداخته اند که اغلب آن ها با مشکلاتی در تعیین دقیق نواحی خطرناک ناشی از نشتی های بالقوه به دلیل انعطاف پذیری کم در مقابل تغییرات شرایط فرآیندی و جانمایی تجهیزات و نیز در نظر نگرفتن اثرات تجمعی منابع رهاش و شرایط آب و هوایی روبرو هستند. بنابراین هدف از این مطالعه بهینه سازی محاسبه محدوده خطر ناشی از نشتی های بالقوه است.

روش کار: در این مقاله به بهینه سازی طبقه بندی مناطق خطرناک با رویکرد مبتنی بر ریسک به وسیله پارامترهای تعداد منابع رهاش تاثیرگذار در هر مکان و احتمالات شرایط آب و هوایی پرداخته شده است. عامل تعیین کننده محدوده منطقه خطر در این روش احتمال جرقه قابل قبول برای هر مکان خاص داخل منطقه خطرناک است که این احتمال توسط انجام یک ارزیابی کمی ریسک به وسیله نرم افزار PHAST RISK ورژن ۶/۷ بر روی واحد تقویت فشار پالایش گاه گازی به عنوان مطالعه موردی محاسبه شده است.

یافته ها: نتایج حاصل از این روش وابستگی کامل محدوده منطقه خطر به اثرات تجمعی رهاش های بالقوه و جهت باد غالب را نشان داد و مشخص کرد که روش بهینه ارایه شده توانسته احتمالات جهات باد و آثار تجمعی نشتی های بالقوه را وارد محاسبات طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک کند.

نتیجه گیری: مقایسه نتایج به دست آمده با روش های گذشته مشخص کرد که این روش دارای برتری هایی هم چون در نظر گرفتن تمام منابع نشتی و آثار تجمعی و در نظر گرفتن احتمالات جهات باد در تعیین محدوده ناحیه ۲ است که طبقه بندی مناطق خطرناک را بسیار دقیق و انعطاف پذیر می کند.

کلمات کلیدی: ریسک؛ طبقه بندی مناطق خطرناک؛ ابرگاز قابل اشتعال؛ احتمال جرقه

۱- کارشناس ارشد، گروه مستقل مهندسی بهداشت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- استادیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

مقدمه

به دلیل احتمال حضور ابر گاز قابل اشتعال در اطراف تاسیساتی که حاوی مواد قابل اشتعال هستند، استانداردهای ایمنی مفهوم طبقه بندی مناطق خطرناک را ارائه داده است. این طبقه بندی در واقع یک تاسیس را براساس احتمال حضور ابر گاز قابل اشتعال به ناحیه هایی تقسیم بندی می کند [1]. برای اطمینان از عملیات ایمن، همه منابع جرقه محتمل (الکتریکی و غیر الکتریکی) مورد استفاده در یک ناحیه خطرناک طبقه بندی شده باید برای استفاده در ناحیه مربوطه مناسب باشند [2]. علاوه بر جنبه ایمنی، طبقه بندی دقیق مناطق خطرناک موجب صرفه جویی اقتصادی برای صاحبان کارخانه می شود زیرا که تجهیزات محافظت شده مورد استفاده در مناطق خطرناک طبقه بندی شده بسیار گران تر از تجهیزات معمولی هستند [2].

کدها و استانداردهای زیادی وجود دارند که اطلاعاتی در خصوص طبقه بندی مناطق خطرناک فراهم آورده اند که EI, NFPA, API و IEC از جمله آنها هستند.

کد مرجع طبقه بندی مناطق خطرناک تاسیسات حاوی سیالات قابل اشتعال انسیتیتو انرژی [3] که ازین پس به صورت EI 15 ارجاع داده می شود

و استاندارد IEC 60079-10-1:2009 [3]، ناحیه های خطرناک را بر اساس تکرارپذیری رخداد ابر گاز قابل اشتعال و پایداری آن طبقه بندی می کنند [4]. ناحیه ها در جدول (۱) تعریف شده اند.

بر اساس EI15 نوع ناحیه ها می توانند با دانستن کلاس رهایش و درجه تهویه تعیین گردند. سه کلاس رهایش براساس تکرارپذیری ممکن و مدت زمان رهایش تعریف می شوند [3]:

رهایش کلاس پیوسته: رهایشی که به صورت پیوسته وجود دارد یا تقریباً به صورت پیوسته است و یا رهایشی که به صورت مکرر برای دوره زمانی های کوتاه اتفاق می افتد.

رهایش کلاس اولیه: رهایشی که ممکن است بعضی از اوقات و به صورت دوره ای در عملیات نرمال فرآیند رخ دهد. برای مثال رهایشی که در فرآیند عملیاتی انتظار می رود که اتفاق بیفتد.

رهایش کلاس ثانویه: رهایشی که در عملیات نرمال معمولاً رخ نمی دهد و به صورت نادر و برای دوره زمانی های کوتاه اتفاق می افتد و در فرآیند عملیاتی انتظار رخداد آنها را نداریم. (رهایش ها از منابع نشتی بالقوه مانند فلنج، شیر، پمپ و کمپرسور)

نتیجه ی رویکردهای معمول برای طبقه بندی مناطق خطرناک معمولاً شعاع خطر ایجاد شده

جدول ۱. توضیح نوع ناحیه ها [4]

ناحیه ۰	مکانی که ابر گاز قابل اشتعال به صورت پیوسته یا پیاپی برای مدت زمان طولانی وجود داشته باشد. (مانند داخل یک ظرف دربسته یا نزدیک سطح مایع در یک ظرف دربار)
ناحیه ۱	مکانی که امکان حضور ابر گاز قابل اشتعال در آن مکان در عملیات نرمال به صورت گه گاه وجود داشته باشد. (مانند مکان های نمونه گیری، شیرهای اطمینان و نقاط زهکشی)
ناحیه ۲	مکانی که امکان حضور ابر گاز قابل اشتعال در آن مکان در عملیات نرمال پایین است و اگر رخ دهد فقط برای مدت زمان کوتاهی باقی خواهد ماند. (مانند نزدیک فلنجها، بستهای لوله ها، ساقه شیرها و آب بندی پمپها)

شده است [7]. این ریسک فردی در یک کارخانه ی فراورش مواد هیدروکربنی شامل ریسک خطرات اصلی (آتش، انفجار و سمیت) ناشی از فعالیت های فراورش هیدروکربن و ریسک فعالیت های بی ارتباط با فراورش هیدروکربن مانند ریسک های شغلی (سر خوردن، سقوط کردن و غیره) است. ریسک هدف که برای طبقه بندی مناطق خطرناک مورد نظر است، ریسک ناشی از اشتعال تصادفی رهائش ها است که یکی از اجزای ریسک خطرات اصلی برای کارکنان را شامل می شود. بنابراین معیار پذیرش ریسک برای این جزء باید در حد مقادیر پایین تری در نظر گرفته شود. ریسک فردی کلی بر روی کارکنان یک کارخانه ساحلی پتروشیمیایی در انگلستان از درجه ی ۰/۰۰۰۱ در سال است [8]. گلین در سال ۱۹۹۹ یک معیار قوی برای ریسک ناشی از اشتعال تصادفی رهائش ها ارائه داده است. در این معیار پیشنهاد شده است که سطح پذیرش ریسک مرگ و میر در اثر اشتعال تصادفی رهائش ها برابر ۱۰ درصد از ریسک فردی کلی بر روی کارکنان یک کارخانه ساحلی باشد ($0.1 \times 1.0E - 4 = 1.0E - 5/yr.$). بنابراین حد بالای معیار ریسک قابل قبول برابر با ۰/۰۰۰۰۱ در سال برای اشتعال تصادفی ابرگاز قابل اشتعال در واحد فرآیندی اتخاذ گردید [6].

محاسبه ریسک فردی ناشی از هر رهائش کلاس ثانویه ریسک فردی ($YI/$) ناشی از یک منبع رهائش کلاس ثانویه مشتعل شده در یک مکان خاص با مختصات $Y \times X$ به صورت زیر تعریف می شود [6]:

$$IR_{\text{ignited release (x,y) (/ release source - yr.)}} = F_{\text{release (/release source - yr.)}} \times P_{\text{ig(x,y)}} \times P_{\text{occ(x,y)}} \times V_{(x,y)}$$

که در آن F_{release} فرکانس رهائش از یک

توسط رهائش های کلاس ثانویه یا همان نشتی های بالقوه را به صورت دقیق اندازه گیری نمی کنند. [5] کد EI15 یک رویکرد مبتنی بر ریسک برای طبقه بندی مناطق خطرناک به منظور تعیین نواحی خطرناک ایجاد شده توسط رهائش های کلاس ثانویه ارائه کرده است که انعطاف پذیری بیشتری را در تعیین مناطق خطرناک ایجاد می کند ولی روش مورد استفاده در این رویکرد با استفاده از ورودی های غیر مستدل و تقریبی و نیز در نظر نگرفتن میزان دقیق اثرات تجمعی سناریوهای نشتی و در نظر نگرفتن احتمالات شرایط آب و هوایی باز هم در تعیین دقیق شعاع های خطر ناشی رو تلاش اصلی این مطالعه ارتقای روش طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک و ارائه رویکردی کمی تر است. این رویکرد دقت را بالا برده و اثرات تجمعی منابع نشتی کلاس ثانویه و احتمالات شرایط آب و هوایی بر روی شعاع های خطر در فضای باز را در نظر می گیرد. در این مطالعه احتمال جرعه عامل تعیین کننده شعاع های خطر در نقاط مختلف خواهد بود.

طبقه بندی مناطق خطرناک با رویکرد مبتنی بر ریسک برای طبقه بندی مناطق خطرناک با رویکرد بر مبنای ریسک رهائش های کلاس ثانویه لازم است مراحل زیر به صورت گام به گام طی گردد که در ادامه به توضیح این مراحل پرداخته خواهد شد.

تعیین معیار پذیرش ریسک فردی

برای یک رویکرد مبتنی بر ریسک، یک معیار ریسک قابل قبول باید تعیین گردد. در انگلستان مقدار ۰/۰۰۱ در سال برای معیار پذیرش ریسک فردی برای یک صنعت با شرایط مدرن برای کارگران اعلام

مطالعه برای ریسک فردی بر اساس مکان است، بنابراین مقدار احتمال حضور فرد در تمام نقاط در بدترین حالت برابر با یک قرار داده می شود که این مساله معادل است با P_{occ} برابر با ۱ و بنابراین برای یک ریسک فردی هدف برابر با $0.0001/0$ درسال خواهیم داشت:

$$P_{ig} = 1.0E - 5(/yr.) / (\sum_i (F_{release,i}(/yr.) \times V_i))$$

نحوه محاسبه مقادیر فرکانس رهايش (F) و آسیب پذیری (V) ناشی از رهايش های مختلف وابسته به نوع تجهیزاتی است که رهايش قرار است از آنها اتفاق بیافتد. مراحل محاسبه این مقادیر برای یک پلنت نمونه در بخش های ۳-۴ و ۳-۵ به تفصیل بیان شده است. بنابراین در این مرحله فرض می شود این پارامترها محاسبه شده و در فرمول بالا جایگزین می شوند. در نهایت احتمال جرقه تنها پارامتر مجهول است و می تواند توسط معادله ی (۳) برای هر مکان خاص در پلنت محاسبه گردد.

تعیین محدوده ناحیه خطرناک از طریق مقایسه احتمال جرقه قابل قبول با مقادیر معیار

بر اساس EI15 احتمال جرقه درون محدوده ناحیه ۲ در محدوده $0.03/0$ تا $0.1/0$ قرار دارد. در نتیجه اگر مقدار محاسبه شده ی P_{ig} برای یک مکان خاص از معادله (۳) بین $0.03/0$ و $0.1/0$ باشد آن گاه آن مکان خاص باید درون محدوده ناحیه ۲ قرار گیرد. در نهایت با تعیین احتمال جرقه قابل قبول برای تمام مکان های روی پلنت مرز محدوده ناحیه ۲ می تواند مشخص گردد.

طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک واحد فشرده سازی گاز صادراتی پالایشگاه گازی-

منبع رهايش کلاس ثانویه است که آن مکان خاص را تحت تاثیر قرار می دهد، $P_{ig(x,y)}$ احتمال جرقه در آن مکان خاص است؛ $P_{occ(x,y)}$ احتمال این که یک فرد در آن مکان خاص حضور داشته باشد؛ V احتمال مرگ ومیر در اثر مواجهه با رهايش مشتعل شده در آن مکان خاص است.

محاسبه ریسک فردی کلی ناشی از اشتعال ابر گاز قابل اشتعال در هر مکان خاص

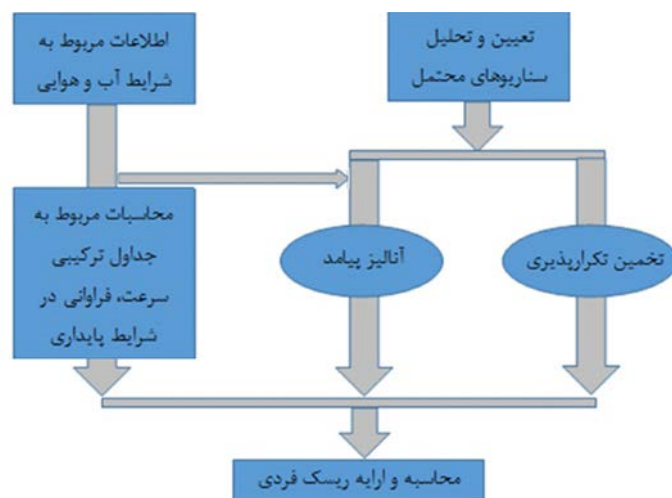
در این بخش رابطه ای فراهم می آید که بتواند ریسک فردی ناشی از اشتعال ابر گاز قابل اشتعال را در هر مکان خاص با تجمیع اثر ریسک هر کدام از منابع رهايش کلاس ثانویه تاثیرگذار بر آن مکان خاص محاسبه نماید. از این پس این مجموعه منابع رهايش که یک مکان خاص را تحت تاثیر قرار می دهند " منابع در محدوده " برای یک مکان خاص نام گذاری می شوند. بنابراین اگر تعداد i منبع در محدوده داشته باشیم، رابطه ریسک فردی برای یک مکان خاص در اثر منابع در محدوده به صورت زیر تعریف می شود:

$$I_{i, \text{ ignited release}(x,y)}(/yr.) = \sum_i (F_{\text{release},i}(/yr.) \times V_{(x,y),i}) \times P_{ig(x,y)} \times P_{occ(x,y)}$$

که i تعداد منابع در محدوده برای یک مکان خاص است.

محاسبه احتمال جرقه قابل قبول برای رسیدن به معیار پذیرش ریسک فردی

معیار پذیرش ریسک فردی در اثر مشتعل شدن ابرگاز قابل اشتعال مقدار $0.0001/0$ در سال در نظر گرفته شد. از آن جا که رویکرد در این



شکل ۱. فرآیند ارزیابی کمی ریسک استفاده شده در واحد تقویت فشار [9]

ریسک $1/0 \cdot 0000$ در سال، $P_{d,ig}$ در محدوده $0.03/0$ تا $0.1/0$ داشته باشد در داخل شعاع خطر ناحیه ۲ قرار خواهد گرفت و بنابراین محدوده ناحیه ۲ تعیین خواهد شد.

ارزیابی کمی ریسک در واحد فشرده سازی گاز صادراتی از نرم افزار DNV's PHAST RISK, ver.6.7 برای ارزیابی ریسک در واحد مورد مطالعه استفاده شده است. فرآیند ارزیابی کمی ریسک استفاده شده در این مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است [9].

اطلاعات هواشناسی

از اطلاعات مهم مورد نیاز جهت انجام این مطالعه، جداول ترکیبی سرعت باد، پایداری و فراوانی می باشد. این جداول نشان دهنده فراوانی وقوع شرایط مختلف آب و هوایی در شرایط پایداری مختلف است. عدم تهیه این جدول باعث می شود تا نتایج ارزیابی ریسک به صورت واقعی نبوده و قابل استناد نباشد. جداول فوق بر اساس اطلاعات آب و هوایی موجود در نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک به محل پروژه واحد

مطالعه موردی

این مطالعه بر روی واحد فشرده سازی گاز صادراتی در یک پالایشگاه گازی انجام شد. این واحد شامل هفت کمپرسور، هفت ظرف تحت فشار (درام)، هفت توربین گازی و هفت مبدل حرارتی است. خوراک ورودی واحد گاز طبیعی است که اکثرا از متان تشکیل شده است (در این مورد $5/93\%$).

فرآیند محاسبه شعاع خطر ناحیه ۲

احتمال جرعه در هر نقطه در مطالعات مدل سازی پیامد به احتمال جرجه ی تاخیری ($P_{d,ig}$) در آن نقطه بستگی دارد. برای محاسبه ی $P_{d,ig}$ در هر نقطه از مهندسی معکوس استفاده گردید، به این ترتیب که ابتدا یک ارزیابی کمی ریسک با در نظر گرفتن $P_{d,ig}$ برابر با ۱ در تمام نقاط انجام شد. پس از محاسبه مقادیر ریسک فردی برای تمام نقاط، $P_{d,ig}$ مناسب که برای رسیدن به حد بالای معیار پذیرش ریسک فردی مورد نیاز است مشخص خواهد شد. در نهایت هر مکان که باید برای رسیدن به میزان

جدول ۲. گروه های شرایط آب و هوایی

پایداری	دما (°C)	رطوبت نسبی	سرعت باد (m/s)
A	۳۵/۵	۰/۴۷	۱
B	۲۸/۲	۰/۵۳	۱
C	۱۹/۳	۰/۵۶	۵/۲۶
E	۲۶/۱۸	۰/۴۹۴۲	۷/۹۸
F	۲۸/۲	۰/۵۶	۴
G	۱۶/۷	۰/۴۷	۱

جدول ۳. احتمال جهات مختلف باد در شرایط آب و هوایی مختلف

پایداری	احتمال جهت باد															
	۳۳۶/۲۵	۳۰۳/۷۵	۲۸۱/۲۵	۲۵۸/۷۵	۲۳۶/۲۵	۲۱۳/۷۵	۱۹۱/۲۵	۱۶۸/۷۵	۱۴۶/۲۵	۱۲۳/۷۵	۱۰۱/۲۵	۷۸/۷۵	۵۶/۲۵	۳۳/۷۵	۱۱/۲۵	۳۴۸/۷۵
	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا
A	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۰۲	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰	-۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰
B	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰
C	۰	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰
E	۰	-۰/۰۲	-۰/۱۹	-۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰	۰	۰	۰
F	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
G	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۰۱	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۵

با توجه به ویژگی های ذکر شده، این منابع نشتی به ۲۸ سناریوی نشتی تقسیم بندی شد که محدوده تغییرات شرایط فرآیندی در این نشتی ها در جدول (۴) نمایش داده شده است. هم چنین این سناریوها در سه گروه نشتی کوچک (۲۵ میلی متر)، متوسط (۱۰۰ میلی متر) و پارگی کامل (قطر اتصال) در نظر گرفته می شوند.

تخمین تکرارپذیری و آنالیز پیامد

برای هر رهائش، تکرار پذیری نشتی وابسته به نوع تجهیزاتی است که نشتی می تواند از آن ها رخ دهد. از این رو در این مرحله ابتدا میزان تکرارپذیری نشتی ها با سایزهای مختلف از تجهیزات موجود از پایگاه داده تکرار پذیری نشتی عمومی تهیه شده توسط DNV استخراج شده [10] و مجموع این تکرار

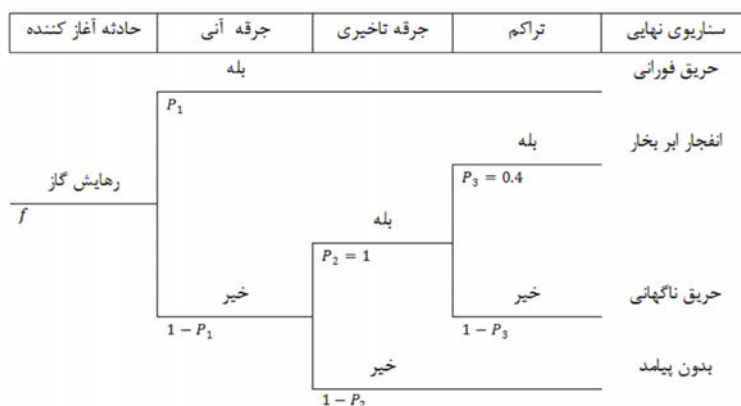
تهیه شده است. داده های شرایط آب و هوایی مورد نیاز در جدول (۲) و جدول (۳) نمایش داده شده است.

تعیین و تحلیل سناریوهای محتمل

تعداد منابع نشتی کلاس ثانویه در واحد مورد مطالعه ۱۰۷۸ عدد بوده است که شامل نشتی از کمپرسورها، شیرها و فلنج ها می شود. اگرچه تمام این نشتی ها می توانند منجر به ایجاد پیامدهای خطرناک شوند ولی در نظر گرفتن تمام آن ها به عنوان یک مکان مجزای نشتی برای مطالعه، کار بسیار وقت گیر و تقریباً غیر ممکن است. به همین دلیل تمام واحد فرآیندی به بخش هایی مجزا تقسیم می شود که هر بخش از نظر ویژگی های تاثیرگذار بر روی پیامدهای مورد مطالعه مشابه هستند. این ویژگی ها عبارتند از میزان سیال قابل اشتعال خروجی در اثر نشتی، فاز سیال، ترکیب و فشار.

جدول ۴. تغییرات شرایط فرآیندی در واحد فشرده سازی گاز صادراتی

دمای عملیاتی (°C)	فشار عملیاتی (barg)	ارتفاع (m)	میزان سیال خروجی (m3)
۱۵۸ تا ۴۶	۹۲/۵ تا ۲۱	۱ تا ۷/۲	۴۰۳ تا ۳۰



شکل ۲. درخت حادثه برای محاسبه ی تکرارپذیری حوادث

که در آن T و AIT به ترتیب دمای رهایش و دمای اشتعال خود به خودی با واحد درجه ی فارنهایت، P فشار منبع با واحد psig و MIE حداقل انرژی احتراق با واحد mJ است. محدودیت های زیر در این رابطه وجود دارد:

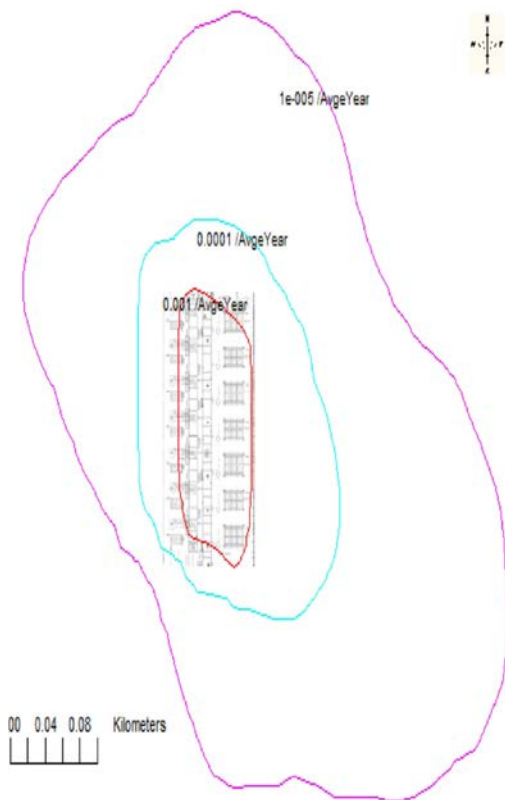
برای $T/AIT < 0.9$ آن گاه $P_{ai} = 0$ و برای $T/AIT > 1.2$ آن گاه $P_{ai} = 1$.

دمای فرآیندی متان در واحد مورد مطالعه در محدوده $158^{\circ}C \sim 46^{\circ}C$ ($316^{\circ}F \sim 114^{\circ}F$) و AIT برای متان $537^{\circ}C$ ($998^{\circ}F$) است [۱۲]. بنابراین T/AIT همیشه کوچکتر از ۰/۹ بوده و P_{ai} صفر است. هم چنین MIE برای متان ۰/۲۱ است [13]. در نهایت با جای گذاری MIE و P در معادله ی (۴) $P_{imm,ig}$ برابر ۰/۰۷ به دست می آید. بنابراین فرکانس ها برای دیگر پیامدها همان طور که در درخت حادثه ذکر شد باید در ۰/۹۳ ضرب گردد.

پذیری ها برای هر سناریو در نظر گرفته خواهد شد. خروجی های سناریوی نشتی توسط درخت تحلیل حادثه ارزیابی می شوند. درخت حادثه ایجاد شده برای خروجی های سناریوی نشتی برای این مورد در شکل (۲) نشان داده شده است. در نظر گرفتن ریسک ناشی از پیامد حریق فورانی در چشم انداز طبقه بندی مناطق خطرناک نیست، زیرا حریق فورانی در اثر جرقه آنی ایجاد می شود که ارتباطی به منابع جرقه اطراف منابع نشتی که برای طبقه بندی مناطق خطرناک مورد اهمیت است ندارد. بنابراین احتمال جرقه آنی (P_1) باید حساب شده و از فرکانس های رخداد نشتی بیرون کشیده شود. معادله ی زیر توسط موسیمیلر برای محاسبه ی احتمال جرقه آنی پیشنهاد شده است [11]:

$$P_{fr, .it} = P_{ai} + P_{sd}$$

$$P_{fr, .it} = [1 - 5000 e^{-9.5(T/A)}] + [0.0024 \times (P)^{1/3} / (M)^{2/3}]$$



شکل ۳. کانتورهای ریسک فردی محاسبه شده برای واحد تقویت فشار

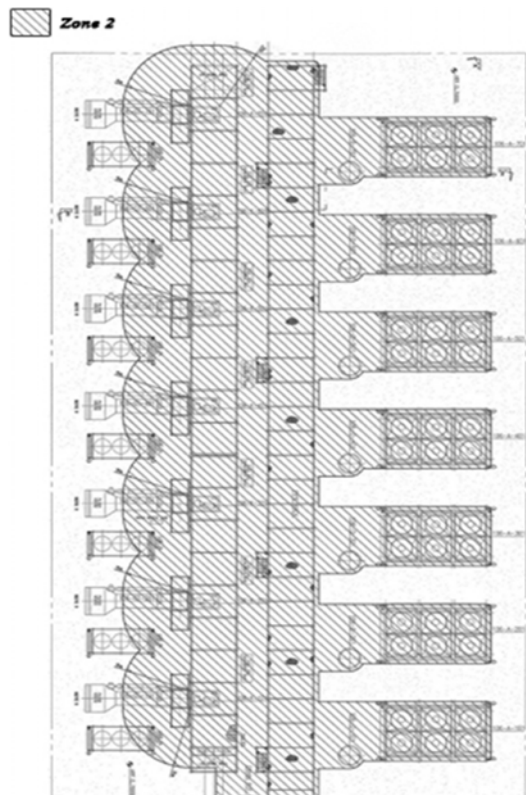
ناحیه ۲ ارایه شده در شکل (۵) هیچ‌گونه تمایلی در جهت بادهای غالب منطقه ندارد ولی نتیجه‌ی حاصل از روش مبتنی بر ریسک ارایه شده در این مقاله کاملاً وابسته بودن مرزهای ناحیه ۲ را به جهت باد غالب نشان می‌دهد و ناحیه در راستای جهت باد غالب که جهت باد به سمت جنوب غربی است کشیده شده است.

نواحی مشخص شده توسط این مطالعه دارای پیوستگی بیش‌تری نسبت به روش استاندارد است و هم‌چنین ناحیه‌ی بزرگ‌تری را به خصوص در نواحی اطراف مبدل‌های حرارتی شامل می‌شود. علت این امر برتری اصلی این روش نسبت به روش بر اساس کد EI15 را نشان می‌دهد. نشستی‌های ناشی از فلنج‌ها و شیرها در دسته نشستی‌های کلاس ثانویه قرار می‌گیرند که احتمال نشستی از آن‌ها بسیار پایین

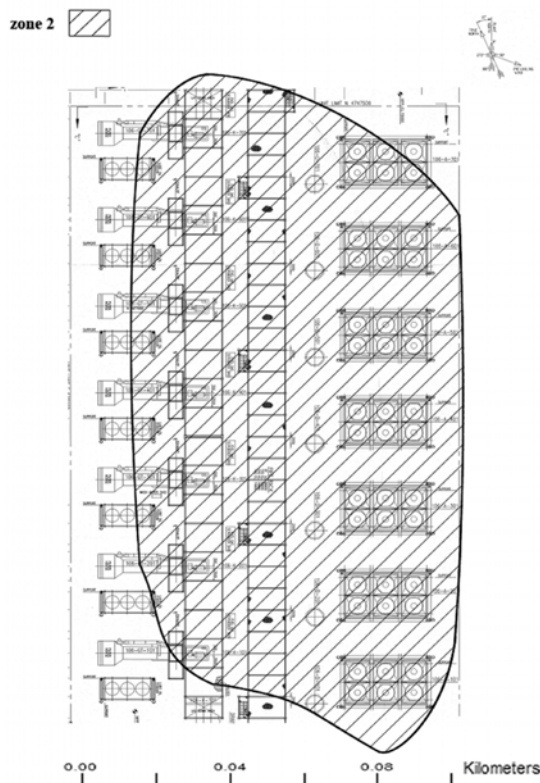
نتایج ارزیابی کمی ریسک و تعیین محدوده ناحیه ۲ ریسک فردی کلی با استفاده از نرم افزار PHAST RISK ورژن ۶/۷ محاسبه شده و نتایج نهایی در نقشه از بالای واحد مورد مطالعه در شکل (۳) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، بیش‌ترین سطح ریسک در واحد مورد مطالعه ۰/۰۰۱ در سال است که با کانتور قرمز رنگ نشان داده شده است. برای رسیدن به معیار قابل قبول ریسک فردی ۰/۰۰۰۰۱ در سال در ناحیه با کانتور قرمز رنگ، نیاز است تا با کاهش احتمال جرقه‌ی تاخیری تا حداقل ۰/۰۱ (در روش مهندسی معکوس احتمال جرقه تاخیری ۱ در نظر گرفته شده بود و کانتورهای به‌دست آمده بر اساس آن احتمال جرقه هستند) منابع جرقه را کنترل کنیم. بنابراین مرز محدوده خطر ناحیه ۲ بر مرز ناحیه‌ای که دارای سطح ریسک ۰/۰۰۱ در سال یا همان کانتور قرمز رنگ است منطبق خواهد شد زیرا احتمال جرقه در این ناحیه باید کوچک‌تر از ۰/۰۱ باشد و در محدوده ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۱ قرار می‌گیرد. محدوده ناحیه ۲ به عنوان نتیجه درنقشه‌ی دید از بالای واحد مورد مطالعه در شکل (۴) نشان داده شده است.

تفسیر و مقایسه‌ی نتایج حاصل از رویکرد مبتنی بر ریسک ارایه شده توسط کد EI15 و رویکرد بهینه شده

در شکل (۵) نتیجه‌ی حاصل از طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک ارایه شده توسط کد EI15 بر روی واحد تقویت فشار ارایه شده است. مقایسه‌ی دو نقشه‌ی ارایه شده در شکل‌های (۴) و (۵) نشان می‌دهد که نتیجه‌ی حاصل از رویکرد بر اساس کد EI15 کاملاً یک نتیجه‌ی کلی و بدون انطباق با شرایط آب و هوایی منطقه‌ای است که سایت در آن قرار دارد، زیرا همان‌طور که مشاهده می‌شود محدوده



شکل ۵. محدوده ناحیه ۲ به دست آمده بر اساس روش مبتنی بر ریسک ارایه شده توسط کد EI15 برای واحد تقویت فشار



شکل ۴. محدوده ناحیه ۲ به دست آمده با رویکرد بهینه شده برای واحد تقویت فشار

نتیجه گیری

یک رویه ی طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک با در نظر گرفتن احتمال جرقه به عنوان عامل تعیین کننده ی اصلی برای منابع رهایش کلاس ثانویه در این مطالعه ارایه شد. روش مبتنی بر ریسک استفاده شده بر اساس حد بالای معیار قابل قبول ریسک فردی برابر با $0/00001$ در سال در اثر اشتعال ناگهانی ابرگاز قابل اشتعال است. یک رابطه بر اساس معیار قابل قبول ریسک برای به دست آوردن احتمال جرقه قابل قبول در هر مکان تولید شد. هر مکان با احتمال جرقه قابل قبول در محدوده $0/01$ تا $0/003$ در شعاع خطر ناحیه ۲ قرار گرفت. روش ارایه شده با بررسی یک مطالعه موردی در واحد تقویت فشار گاز در یک

است. اما هنگامی که این تجهیزات تعدادشان زیاد بوده و در کنار یکدیگر تجمع می کنند، پیامدهای حاصل از نشستی از آن ها هم پوشانی پیدا می کنند و موجب می شود که ریسک حاصل از آن ها با یکدیگر جمع شده و به حدی برسد که شعاع منطقه ی خطرناک را تحت تاثیر قرار دهد. در برخی از موارد بر حسب نوع سایت و تراکم تجهیزات، اثر این نشستی های کلاس ثانویه پررنگ تر شده و موجب می شود که در اثر هم پوشانی آن ها منطقه ی وسیع تری را در برگیرد. روش طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک ارایه شده در این مقاله کاملا تمام این نشستی ها را در نظر گرفته و تاثیرشان را در کنار دیگر منابع اصلی تر مانند پمپ ها و کمپرسورها بر روی وسعت منطقه ی خطر ناحیه ۲ مورد محاسبه قرار می دهد.

تعیین ناحیه ۲ به کمک محاسبه احتمال جرقه قابل قبول در هر مکان خاص در واحد صنعتی در نظر بگیرد. این در صورتی است که روش ارایه شده توسط کد EI15 این اثرات تجمعی و همچنین احتمالات شرایط آب-وهوایی را وارد محاسبات خود نکرده و آن‌ها را پوشش نمی‌دهد. در نهایت کاربرد رویکرد ارایه شده در این مقاله نه تنها موجب اطمینان خاطر در زمینه توجه به تمام مکان‌های مستعد خطر در یک واحد صنعتی می‌شود و از این طریق ایمنی کافی را تضمین می‌کند، بلکه توانسته با ارایه رویکردی بهینه از بیش اندازه‌گیری ناحیه ۲ و بالا رفتن هزینه صاحبان واحدهای صنعتی به منظور تامین تجهیزات حفاظت شده برای این نواحی جلوگیری کند.

REFERENCES

- [1] EN B. 60079-10-1: 2009 Explosive atmospheres. Classification of areas. Explosive gas atmospheres. British Standards Institution.
- [2] Webber DM, Ivings MJ, Santon RC. Ventilation theory and dispersion modelling applied to hazardous area classification. *Journal of Loss prevention in the Process Industries*. 2011 Sep 30;24(5):612-21.
- [3] Energy institute. EI15. Model code of safe practice in the petroleum industry-part15: area classification code for installations handling flammable fluids. 3rd ed. 2005.
- [4] Tommasini R. The classification of hazardous areas where explosive gas atmospheres may be present. *Safety science*. 2013 Oct 31;58:53-8.
- [5] Benintendi R. Turbulent jet modelling for hazardous area classification. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2010 May 31;23(3):373-8.
- [6] Glynn, K. A risk based approach to hazardous area classification. 1999.
- [7] Health and Safety Executive. the tolerability of risk from nuclear power stations, London HMSO. 1988.
- [8] British Medical Association. The BMA guide to living with risk. Penguin. 1990.
- [9] Freeman RA. CCPS guidelines for chemical process quantitative risk analysis. *Plant/Operations Progress*. 1990 Oct 1;9(4):231-5.
- [10] Det Norske Veritas. Failure frequency guidance, Process equipment leak frequency data for use in qra. 2006.
- [11] Moosemiller M. Development of algorithms for predicting ignition probabilities and explosion frequencies. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2011 May 31;24(3):259-65.
- [12] IEC P. 60079-20: 2000, "Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres-Part.", 20:25.
- [13] National Fire Protection Association. NFPA 77. Recommended Practice on Static Electricity. 1988.

پالایش‌گاه گازی مورد تحقیق واقع شد. این روش توسط یک ارزیابی کمی ریسک روی واحد مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار PHAST RISK ورژن ۶/۷ پیاده سازی شد و نتایج ارایه گردید.

بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده حاصل از روش ارایه شده در این مقاله با رویه طبقه بندی مناطق خطرناک مبتنی بر ریسک ارایه شده توسط کد EI15 مشخص کرد که روش ارایه شده در این مقاله توانسته به خوبی اثرات پارامترهایی هم‌چون احتمالات شرایط آب و هوایی و جهات باد و همچنین آثار تجمعی ناشی از نشتی‌های منابعی مانند شیرو فلنج که فرکانس بسیار پایین دارند و در اثر هم پوشانی ریسک‌هایشان موجب به وجود آمدن منطقه خطر می‌شوند را در

Optimization of the calculation of hazardous zones boundaries for classification of hazardous area using risk-based approach

H. Zohdirad¹, T. Ebadi^{2}, S. Givehchi³*

¹*M.Sc., Independent School of Health, Safety and Environment Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran*

²*Assistant Professor, School of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran*

³*Assistant Professor, School of Environment, Tehran University, Tehran, Iran*

Abstract

Introduction: Leakage from process equipment and the entrance of flammable fluids to surrounding atmosphere may cause flammable gas cloud. The coincidence of flammable gas cloud with ignition source could make flash fire or vapor cloud explosion that cause injury and fatality. The concept of reduction of confluence of flammable gas cloud and potential sources of ignition is known as hazardous area classification. Several standards have provided methods regarding hazardous area classification; however, of the disadvantages of them are lack of an accurate determination of hazardous areas due to potential leakage sources which is because of low flexibility in process condition variation and equipment layout and also not considering effect of weather conditions and cumulative effects of release sources.

Material and Method: In this paper, risk-based hazardous area classification is optimized using parameters such as the number of influencing release sources and weather condition probabilities. In this method, the determining factor of hazardous area boundary is the probability of acceptable ignition for every specific location. This probability is calculated using quantitative risk assessment with PHAST RISK software version 6.7 on the gas boosting unit of a gas refinery as a case study.

Result: The results of this method showed the full dependency of hazardous area boundary to cumulative effects of potential sources of release and the prevailing wind direction and it also demonstrated that the suggested optimized method can consider wind direction probabilities and cumulative effects of potential sources of release in risk-based hazardous area classification calculation.

Conclusion: Comparing the results of this method with the usual method determines that this method has some advantages such as considering all sources of release and cumulative sources of release and considering wind direction probabilities in determining boundary of zone 2 which makes the hazardous area classification very precise and flexible.

Key words: *Risk, Hazardous Area Classification, Flammable Gas Cloud, Ignition Probability*

* Corresponding Author Email: tebadi@aut.ac.ir