

ارزیابی ریسک مخازن ذخیره و نگهداری مواد شیمیایی یک شرکت پتروشیمی و بررسی اثرات آن بر مناطق مسکونی و صنعتی مجاور

علی علیزاده^۱، محمد حسین مهدی غلامی^۲، جهانبخش آریانی^۳
امور HSEQ پتروشیمی تبریز - شرکت ملی صنایع پتروشیمی
تلفن: ۰۴۱۱-۴۲۸۲۶۸۰، فاکس: ۰۴۱۱-۴۲۰۸۸۰۹
پست الکترونیکی: aaosalu@tpco.ir

چکیده

امروزه اتخاذ تصمیم های کلیدی در صنعت بدون شناسایی و ارزیابی مخاطرات احتمالی امکان پذیر نمی باشد. از این رو آشنایی با روشهای شناسایی عوامل بالقوه خطر و بکارگیری صحیح آنها متناسب با فعالیت عامل مهمی در جهت پیاده سازی و حفظ سیستم های مدیریت ایمنی و زیست محیطی و کاهش هزینه های ناشی از آنها خواهد گردید و امکان مقابله صحیح و واکنش مناسب را در زمان وقوع خطرات را امکان پذیر می سازد. با پیچیده شدن سیستمها، شناسایی منابع خطا و متغیرهای مؤثر در توزیع، شدت و عدم قطعیت، با استفاده از روشهای سنتی و متداول به سهولت انجام نمی گیرد. لذا دستیابی به سطح معینی از درجه اطمینان و مشخص نمودن اجراء نامطمئن سیستم، نیاز به استفاده از روشهای ارزیابی جدیدی دارد. در این مقاله با معرفی روشهای مختلف ارزیابی ریسک، مخاطرات عملیاتی مخازن ذخیره و نگهداری مواد شیمیایی یک شرکت پتروشیمی ارزیابی شده و اثرات آن بر مناطق مسکونی و صنعتی مجاور مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج اولیه ارزیابی حاکی از آن است که برای سناریوهای مشخص شده می توان نقاط امنی برای استقرار نیروی انسانی و یا استقرار تجهیزات مدیریت بحران و فرماندهی کنترل شرایط اضطراری در منطقه خارج از محوطه مخازن ذخیره در نظر گرفت.

واژه های کلیدی: مخاطرات عملیاتی، آنالیز احتمالات، مدیریت ایمنی، قابلیت اطمینان، مدل سازی پیامدها، آنالیز کمی ریسک، ارزیابی ریسک، پراکنش، آنالیز کیفی ریسک، روش DOW Index، نرم افزار PHAST

۱- مقدمه

ایمنی صرفاً یک وظیفه در کنار وظایف دیگر نیست، یک ضرورت برای بقاء، پایداری، پایه ریزی برای تولید مطابق برنامه، تولید هدفمند و بستری برای توسعه است. به بحث ایمنی باید از دیدگاه ضرورت نگاه کرد. حوادث به دلایل مختلف رخ می دهند، پس قابل پیش بینی و پیشگیری هستند. جهت پیشگیری از حوادث ابتدا باید عوامل بالقوه بروز آنها را شناسایی نمود. این عوامل شامل مخاطرات کوچک و بزرگ، پنهان و آشکار می باشند. در جامعه امروزی که اکثراً با سیستمهای پیچیده

^۱ - دانشجوی دکتری - کارشناس ارشد مهندسی شیمی

^۲ - کارشناسی مهندسی مکانیک

^۳ - کارشناس ارشد مهندسی صنایع

سروکار دارد، از کار افتادن سیستم می‌تواند موجب وقوع اختلال در سطوح مختلف شود و حتی به عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط زیست تلقی گردد. شیوه‌های ارزیابی قابلیت اطمینان از نظر تاریخچه پیدایش، ابتدا در ارتباط با صنایع هوافضا و کاربردهای نظامی شکل گرفت. ولی سریعاً توسط صنایع فولاد و شیمیایی که هر ساعت از توقف آنها به علت وقوع خطا می‌تواند موجب تحمیل خسارتهای بزرگ مالی و جانی و آلودگی محیط زیست شود، مورد توجه قرار گرفت [۱].

در صنایع تکامل یافته عصر جدید، مخاطرات بسیار زیادی پنهان گردیده اند. اما برخی از آنها در صورت ظهور، توانایی آسیب رساندن را نداشته و برخی دیگر احتمال وقوع و اثرگذاری خواهند داشت. از اینرو شایسته است تا بتوان به کمک روش های مناسب این احتمال رخداد را برآورد نمود. لذا تابعی به نام ریسک وابسته به دو متغیر شدت و احتمال را می‌توان تعریف نمود که شناسایی مخاطرات تنها در کنار این تابع ریسک معتبر و صحیح خواهد بود [۲].

بخش شناسایی مخاطرات و آنالیز کیفی ریسک به‌مراه بخش حذف، اصلاح، کنترل و پایش ریسک از مهمترین و ضروری ترین و فنی ترین احتیاجات مهندسین مشاور، مهندسان ایمنی و فرآیند کلیه صنایع می باشد. پس از شناسایی مخاطرات و تعیین کیفیت ریسک آنها، مخاطراتی را که از کیفیت ریسک متوسط و بالائی برخوردار هستند جهت ارزیابی کمی ریسک بررسی خواهیم نمود. هدف اصلی مدیریت ریسک تعیین میزان عدم قطعیت سیستم مورد مطالعه، هزینه ناشی از آن، ارائه راهکارهای کاهش آن (در صورتیکه بیش از حد مجاز می‌باشد) و تعیین میزان هزینه راهکار ارائه شده می‌باشد که به صورت یک حلقه تکراری مراحل مذکور بررسی شده و مورد بازنگری مجدد قرار می‌گیرد تا سیستم بر مبنای استانداردهای مورد نظر در حالت ایمن قرار گیرد [۲].

۲- مدیریت مخاطرات (Risk Management)

ریسک همان ترکیب عدم حتمیت (احتمال) و زیان (پی آمد) به شکلهای مختلف می‌باشد. یکی از متداولترین این ترکیب ها حاصل ضرب احتمال در پیامد است که در بسیاری از منابع مورد تائید قرار گرفته است [۳].

بخش شناسایی مخاطرات و آنالیز کیفی ریسک به‌مراه بخش حذف، اصلاح، کنترل و پایش ریسک از مهمترین و ضروری ترین و فنی ترین احتیاجات مهندسین مشاور، مهندسان ایمنی و فرآیند کلیه صنایع می باشد. پس از شناسایی مخاطرات و تعیین کیفیت ریسک آنها، مخاطراتی را که از کیفیت ریسک متوسط و بالائی برخوردار هستند جهت ارزیابی کمی ریسک بررسی خواهیم نمود. در شکل یک الگوریتم ارزیابی ریسک نشان داده شده است.

در مرحله تشخیص خطر می‌توان از روشهای متعددی برای کشف پتانسیل بروز حوادث استفاده کرد. معروفترین روش شناسایی مخاطرات در فرآیندهای شیمیایی "مخاطرات و قابلیت عملکرد Hazard & Operability (HazOp) می باشد. در این روش جامع، ریسک شناسایی خواهند شد اما نکته قابل توجه این است که در این روش، تنها مخاطراتی مورد توجه قرار خواهند گرفت که به انتشار مواد خطرناک از دستگاه ها مربوط باشند. در مرحله بعد پیامدهای انتشار مواد به فضای بیرون و محوطه سنجیده خواهد شد بگونه ای که بتوان شدت یا بزرگی حوادث محتمل بعدی را تعیین کرد. یکی از راهکارها آنست که چگونگی حرکت، تغییرات فیزیکی و شیمیایی از هنگام تخلیه به محیط تا مکان تاثیر گذاری به

صورت بسیار دقیق مدل‌سازی شود. این روند مراحل رهایش (Discharge)، پراکنش (Dispersion) و تاثیرگذاری را در بر می‌گیرد. در این مسیر تعیین پیامدها بصورت کاملاً کمی انجام می‌شود بطوریکه مستلزم در اختیار داشتن مدل‌های معتبر و نرم افزارهای کارآمد و سریع خواهد بود. برآورد کیفی پیامدها یا به بیان دقیق‌تر، رده بندی شدت پیامدها نیز امکان پذیر است. در این روش، پیامدها به صورت کاملاً تخمینی و ذهنی (subjective) تعیین می‌شوند. هرچند این روش بیش از حد سلیقه ای بنظر می‌رسد، اما ممکن است در برخی از موارد عملی تر باشد.

در مرحله بعدی احتمال بروز حوادث برآورد خواهد شد. در این راستا بررسی احتمال بروز حوادث از طریق کشف و بررسی نقش و میزان تاثیر روابط علت - معلولی میان ساز و کارهای سیستم در تاثیر نهائی یک حادثه انجام می‌شود. بطور سنتی، مرسوم ترین ابزار این کار استفاده از درخت خطا (fault tree Analysis) و درخت رویداد (Event Tree Analysis) بوده است. این نمودارها براساس شناخت از فرآیند مورد بررسی و شرایط پیرامونی تاثیر گذار بر آن رسم و با استفاده از اپراتور منطقی و روابط جبر بولی تفسیر می‌شوند. در صورتی که نتایج کمی مورد نظر باشد، باید داده های آماری مرتبط با احتمال خرابی (failure) موجود سیستم را در آنها وارد کرد. اما در شرایطی که داده های فوق الذکر در رابطه با اجزای سیستم موجود نباشد هدفگذاران با تعیین احتمال بصورت کیفی دیده خواهد شد. در پایان جهت مقایسه اولویت سناریو های مختلف حوادث، آنها را نه برحسب تاثیر یا احتمال بروز، بلکه برحسب ریسک یعنی ترکیب این دو عامل طبقه بندی می‌کنند. بطور خلاصه می‌توان هدف از ارزیابی ریسک را بصورت زیر نشان داد:

۱. تعیین سناریوهای حادثه طراحی شده
۲. مقایسه مشخصات طراحی با مشخصه های عملکردی
۳. ارزیابی پیش بینی های کاهش ریسک با اقدامات اصلاحی
۴. ارزیابی اثر بخشی دستورالعمل ها و تجهیزات حساس ایمنی

۳- روشهای شناسایی مخاطرات

باتوجه به اینکه در فرایندهای عملیاتی شناسایی تمامی مخاطرات و جمع آوری اطلاعات مربوط به هریک از آنها از نقطه نظر هزینه و زمان اجرا بهینه نمی باشد لذا از روش دیگری مرسوم به تعریف سناریو استفاده می‌کنند. در این روش سناریوهایی تعریف می‌شود و با استفاده از روشهای خاصی، اثرات و پیامدهای آنها را مورد مطالعه قرار می‌دهند و بعد از شناسایی خطرات مربوطه میزان ریسک و هزینه مربوطه را ارزیابی و تجزیه و تحلیل می‌نمایند. مهمترین روشهای ارزیابی مخاطرات مورد استفاده در صنایع شیمیایی عبارتند از:

- لیست ها و سیاهه‌های (Checklist) عملیات / سیستم
- روش (What-If)
- مطالعات خطرات فرایندی (HAZOP)
- تجزیه و تحلیل اثرات و حالات شکست (Failure modes and Effects Analysis)

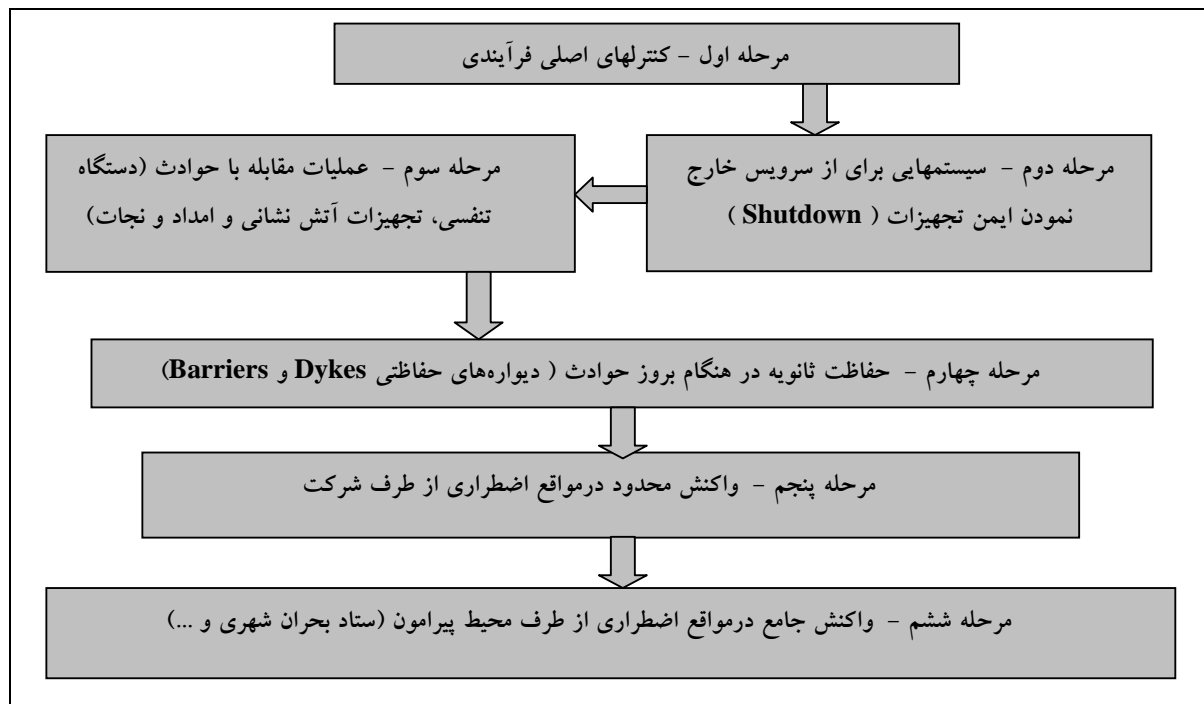
- تجزیه و تحلیل درخت خطا (Fault Tree Analysis)
- تجزیه و تحلیل درخت رخداد (Event Tree Analysis)

۴- علل اصلی بروز حوادث

علل سخت افزاری مانند اجزای دارای عیب و نقص (ایراد طراحی، ایراد مکانیکی، عیب سیستمهای کنترلی، نواقص تجهیزات ایمنی) و تغییر در شرایط عادی عملیاتی (تغییرات پارامترهای اصلی فرآیندی (فشار، حرارت، دما)، تغییرات در روش عمل روش Shut-down و Start-up) و علل نرم افزاری مانند خطاهای انسانی و سازمانی (اشتباهات اپراتور Operator، روش Bypass سیستمهای ایمنی، خطاهای ارتباطی، نیروی کار بی تجربه و ناکافی، عدم اثربخشی رویه عملیاتی استاندارد موجود) و حوادث محیطی، برخورد و تصادف خودروها، بلایای طبیعی مانند زمین لرزه، صاعقه، سیل، گردباد و حملات جنگی و خرابکاری از علل اصلی بروز حوادث به شمار می روند.

۵- لایه های حفاظتی حوادث

لایه های حفاظتی حوادث در صنعت به صورت زیر نشان داده می شود:



نمودار یک - لایه های حفاظتی حوادث در صنعت

۶- ارزیابی مخاطرات (Risk Assessment)

مطالعه خطرات در واقع بررسی عوامل بالقوه حادثه آفرین سیستم فرآیندی از تمام جوانب بوده که عوامل ایجاد خطر را مورد بحث و بررسی قرار می دهد. در این ارزیابی، تمامی خطرهای بالقوه ای که می توانند در مراحل مختلف سیستم فرآیندی و طراحی واحد در شرایط واقعی بوجود آیند، مورد ارزیابی مجدد قرار می دهد. ارزیابی توسط معیارهای مشخص شده راهنماها (Guid Words) انجام می شود. این معیارها ممکن است شامل شدت جریان، فشار، دما و ... باشند. در روش HAZOP درباره هر یک از معیارها، شرایط عملیاتی واحد و اختلاف آن با شرایط طراحی، مورد مطالعه

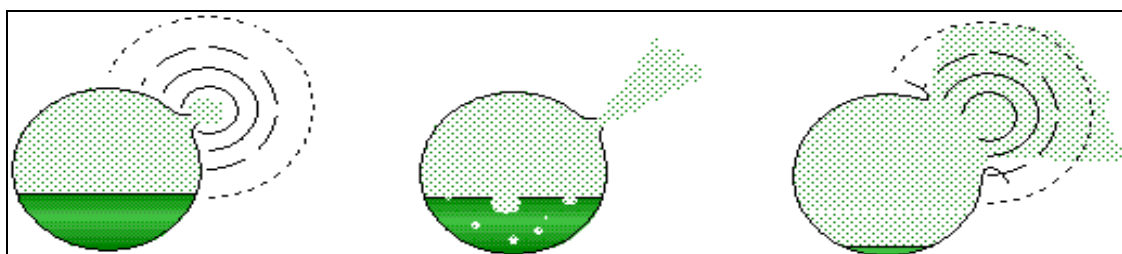
همچنان که از نام این نوع حریق مشخص است این حریق زمانی رخ میدهد که حجمی از یک مایع قابل اشتعال در یک نقطه تجمع یابد. سپس با تبخیر این مواد بر اثر تابش یا سایر روشها و نشت بخارات آن به محیط در طول مسیر وزش باد و رسیدن به یک جرقه این حوضچه شروع به سوختن می کند.

۷-۲-۲- حریق ناگهانی (flash fire)

این نوع حریق زمانی حادث می گردد که حجم زیادی از گازی قابل اشتعال در یک محدوده تجمع یافته باشد و با برخورد به یک نقطه حریق زا مانند جرقه یا سطوح داغ سبب ایجاد حریقی آنی در ابعاد ابر بخار گردد.

۷-۲-۳- حریق گلوله‌ای و انفجار بخار مایع جوشان (Fire Ball & Bleve)

این حادثه معمولاً زمانی رخ می دهد که مخزن حاوی موادی باشد که در دمایی بالاتر از دمای نقطه بحرانی در فشاراتمسفریک نگهداری شوند. حال اگر چنین مخزنی در معرض حرارت قرار گیرند و یا به هر نحوی مایع درون مخزن شروع به جوشش کند این مخزن میتواند دچار رخداد Bleve می شود. در ادامه مسیر این حادثه به سبب عدم پایداری مخازن در فشار بالا این مخازن از یک نقطه منفجر میگردند و حجم بالایی از مواد قابل اشتعال به محیط انتقال می یابد که به سبب داغ و سبک بودن به سمت بالا حرکت می کنند و در صورتی که در مسیر حرکت به سمت بالا دچار حریق گردند پدیده ای با عنوان Fire Ball را ایجاد می کنند[۴].



شکل دو - حریق گلوله‌ای و انفجار بخار مایع جوشان

۷-۳-۳- پیامدهای حوادث در مخازن

۷-۳-۳-۱- پارامترهای آب و هوایی

پارامترهای آب و هوایی از جمله پارامترهای مهمی هستند که در طول مسیر شبیه سازی نشر مواد نقش مهمی را ایفا می کند. مقدار متوسط سرعت وزش در منطقه مورد مطالعه ۸ متر بر ثانیه و پایداری هوا، B برای شرایط آب و هوایی در طول روز و D برای شرایط آب و هوایی در شب و روزهای ابری و F برای شرایط آب و هوایی پایدار در شب در نظر گرفته شده است. همچنین میانگین دمای هوای سرد ۵ درجه سانتیگراد و هوای گرم ۲۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است. همچنین رطوبت متوسط منطقه مورد مطالعه در حدود ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است.

۷-۳-۲- حد بالا و حد پائین اشتعال (LEL & UEL)

حد بالا و حد پائین اشتعال محدوده غلظت یک ماده را نشان می دهد که در هوا در صورت مواجه با منبع ایجاد حریق میتواند منجر به رخداد حریق گردد. لذا محدوده گسترده‌گی این دو پارامتر میتواند محیط خطر آفرین را معرفی نماید.

۷-۳-۳- موج حرارتی

پس از رخداد نشت (Leak Incident) در صورتی که تدابیر مناسبی اتخاذ نگردد ممکن است آتش سوزی رخ داده و در صورتیکه این حریق مهار نگردد میتواند سبب ایجاد حریق فاجعه آمیز گردد. این حریقهای بزرگ سبب ایجاد موج حرارتی میشوند، لذا باید آنها را از لحاظ توان موج حرارتی ایجاد شده مورد بررسی قرار داد از گرمای رسیده به سطح با واحد کیلو وات بر متر مربع برای سنجش موج حرارتی استفاده می شود [۵].

۷-۳-۴- موج فشاری

در مواردی که حریق غیر قابل کنترل باشد میتواند منجر به انفجار مخازن گردد و این انفجار میتواند منجر به ایجاد یک موج فشاری دینامیکی گردد. این موج به سبب دینامیک بودن توانایی تخریب تجهیزات سر راه خود را دارد. برای آنکه بتوان شدت آسیبهای وارده به محوطه تحت الشعاع نقطه رخداد حادثه را شناسایی و دسته بندی کرد، میبایست از معیارهایی برای این منظور استفاده نماییم. هر تجهیز فرآیندی را میتوان به عنوان یک عامل بالقوه خطر معرفی و مورد مطالعه قرار داد. اما باید به این نکته توجه داشت، در صورتی که تمام نقاط به عنوان نقطه مخاطره آمیز تعریف شوند، اولاً تعداد نقاط حادثه خیز به شدت افزایش می یابد، ثانیاً حجم نتایج بدست آمده بالا خواهد بود برای انتخاب نقاط مخاطره آمیز باید معیاری مناسب را تهیه و مورد استفاده قرار داد که، بر اساس منطقی مشخص پایه گذاری شده باشد [۵]. البته باید به این نکته توجه داشت که در انتخاب این نقاط بحرانی میتوان از حوادث رخ داده استفاده کرد اما بسیاری از حوادثی که احتمال رخداد آنها وجود دارد اما تاکنون رخ نداده اند را نمی توان با استفاده از این روش شناسایی و بررسی نمود.

۷-۴-۱- روش DOW Index :

همانطور که در بالا نیز اشاره شد این روش، یکی از روشهای مناسبی است که برای ارزیابی و طبقه بندی نقاط مخاطره آمیز در فرآیندهای شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد [۶]. این روش برای ارزیابی نقاط از سه فاکتور کلی استفاده میکند که عبارتند از:

۱- فاکتور ماده

۲- فاکتورهای مخاطرات عمومی فرآیندی

۳- فاکتورهای مخاطرات ویژه فرآیندی

۷-۴-۱-۱- فاکتور ماده (MF):

در تجهیزات فرآیندی مجموعه ای از مواد خطرناک (سمی، آتش گیر و ...) در حال جریان هستند. با توجه به پارامتر فاکتور ماده می توان ماده ای را که از درجه اهمیت بالاتری نسبت به سایر مواد برخوردار است در محاسبات مورد توجه قرار داد.

۷-۴-۲- فاکتورهای مخاطرات عمومی فرآیندی (F1)

اکثر فرآیندهای شیمیایی با مخاطرات معمولی، مانند واکنشهای گرماگیر و گرمازا، جابجایی مواد قابلیت، دسترسی به تجهیز مورد نظر و سایر موارد مواجه هستند. در صورت وجود چنین مخاطراتی در آن وسیله باید شاخص های مربوطه در محاسبات ریسک اعمال گردد.

۷-۴-۳- فاکتورهای مخاطرات ویژه فرآیندی (F2)

علاوه بر مخاطرات عمومی مخاطراتی نیز وجود دارند که مخصوص همان وسیله می باشند که البته اغلب این مخاطرات به واسطه شرایط فرآیندی موجود در آن وسیله ایجاد می گردند. برخی از این شرایط عبارتند از شرایط دمایی و فشاری، میزان ماده موجود در آن وسیله، میزان خوردگی ماده، احتمال نشت از اتصالات و سایر موارد دیگری که مختص تجهیزات می باشند. در نهایت پس از تعیین این سه پارامتر (MF, F1, F2) و ضرب آنها در یکدیگر شاخص کلی F&E Index محاسبه می شود.

۷-۵- نشر مواد به محیط

پس از آنکه شدت نشت مواد به محیط مشخص شد. زمان آنست تا با توجه به نوع گاز خروجی و میزان سبکی و سنگینی دانسیته آن گاز نسبت به هوا به بررسی نشر آن گاز در محیط پردازیم. نرم افزار PHAST با توجه به میزان دانسیته ابر گاز ایجاد شده و نیز با توجه به میزان رقیق سازی گاز نشر یافته در طول مسیر نشر از دو روش نشر گوسین و گازهای سنگین استفاده می نماید. در روش نشر گوسین که در بسیاری از مراجع استفاده از آن توصیه شده فرض بر آن است که تابع توزیع مواد در طول مسیر نشت ثابت بوده و توزیع در تمام جهات و به یک میزان انجام خواهد گرفت. البته باید به این نکته توجه داشت که گازهای سنگین نیز پس از نشر و رقیق شدن رفتاری به صورت شرایط گوسین از خود نشان می دهند اما برای شبی سازی در همان مراحل اولیه باید از مدل نشر گازهای سنگین استفاده نمود. پس از انتخاب مدل مناسب به منظور مدل سازی نشت و در ادامه بررسی روند محاسبه نشر مواد در محیط باید به این نکته اشاره داشت که عملکرد پیوسته یا ناپیوسته منع نشت از اهمیت بالایی در بررسی و مدل سازی نشت برخوردار است. زیرا در صورتیکه منبع نشت به صورت پیوسته عمل کند مواد نشر یافته رفتاری پایا از خود نشان میدهد و میتواند باریکه ای از مواد نشر یافته با غلظت ثابت را در مسیر وزش باد ایجاد نماید (رفتار Plume). اما در صورتیکه این منبع ناپیوسته باشد سبب می گردد که حرکت ابر بخار در محیط به صورت دینامیک بوده و لحظه به لحظه غلظت مواد در ابر مواد کاهش یافته و محو گردد (رفتار Puff) [۸].

۷-۶- محاسبه حریق و انفجار

پس از بررسی نحوه نشر مواد در محیط نوبت به بررسی حریق و انفجار می رسد. برای این منظور از مدل محاسبات انفجار و موج انفجاری حاصله از روش TNT استفاده می کنیم. در بررسی حوادث Fireball و تعیین میزان تشعشع حاصله نیز از مدل پیشنهادی خود شرکت DNV استفاده شده است. برای محاسبه میزان تشعشع حاصله از روش پیشنهادی Shell استفاده می شود [۹].

۸- مورد کاوی (Case Study)

پس از مطالعات DOW بر روی تمامی مخازن موجود در یک شرکت مورد مطالعه ، مقرر گردید به منظور بررسی دقیق سناریو های تعریف شده ، تنها مخازن با شاخص DOW بیش از ۱۲۸ در نظر گرفته شود. در جدول زیر لیستی از این مخازن آمده است:

جدول یک - مخازن ذخیره و نگهداری مورد مطالعه

TK142	TK141 A,B	TK122	TK123
TK103	TK311 A,B	TK312A,B	TK121
TK114	TK113A,B	TK111 A,B	Tk112
TK115	TK101A,B	Tk102A,B	TK413
Tk802	TK801	Tk802	Tk803
TK601A,B	TK607	TK608	TK804
TK807	TK401	TK412	

۸-۱- نتایج

نتایج خروجی از نرم افزار PHAST در جدولهای زیر ارائه شده است. در این جدول ها سه سناریو برای آب و هوا تعریف گردیده است و بر اساس هوای ابری و روز و شب تقسیم بندی شده است. در این جداول LFL و UFL بازه ای از غلظت ماده در هوا را نشان می دهد که در صورت مواجهه با منبع حرارتی میتواند منجر به رخداد حریق گردد. با توجه به اینکه حریق در فواصل دورتر از منبع نشت مواد بیشتر ناشی از LFL می باشد، بنابراین به منظور اطمینان بخش نمودن محاسبات مبنای محاسبه فواصل در دوردست بصورت LFL Frac و بر مبنای ۱/۸ تا ۲ برابر فاصله LFL نشان داده می شود.

جدول دو - نتایج محدوده مخاطره آمیز بر اثر نشر بخار مواد قابل اشتعال

Distance for Hazardous Concentration (m)									حجم مخزن	نام مخزن	ردیف
S/B			S/D			S/F					
LFL frac	LFL	UFL	LFL frac	LFL	UFL	LFL frac	LFL	UFL			
36	36	35	22	22	22	23	23	23	750	TK-142	۱
163	67	38	159	71	41	186	96	46	750	TK-141 A/B	۲
42	13	12	48	13	12	37	13	12	300	TK-122	۳
41	13	12	48	13	12	37	13	12	300	TK-123	۴
63	38	38	60	32	32	90	30	30	750	TK-121	۵
94	94	93	96	95	94	96	96	95	3500	TK-312 A/B	۶
103	31	30	107	31	30	125	33	33	2500	TK-311 A/B	۷
32	13	13	40	12	6	29	10	7	50	TK-103	۸
222	141	26	242	145	19	218	119	23	2000	TK-114	۹
222	141	26	242	145	19	218	119	23	2000	TK-113 A/B	۱۰
238	157	28	272	148	29	283	152	25	2500	TK-111 A/B	۱۱
222	141	25	242	145	19	218	119	22	2000	TK-112	۱۲
222	141	25	242	145	19	218	119	22	2000	TK-115	۱۳
945	707	209	1046	761	240	1132	791	100	8000	TK-101 A/B	۱۴
129	57	20	137	56	20	108	57	21	900	TK-102 A/B	۱۵
1402	684	130	1656	796	142	3017	1532	224	1800	TK-413	۱۶
209	118	33	224	124	34	321	167	38	1800	TK-802	۱۷
169	95	27	179	100	27	243	128	30	1000	TK-803	۱۸
1028	667	56	1675	986	58	3296	1506	86	6034	TK-801	۱۹
156	69	12	142	88	12	131	75	12	421	TK-601 A/B	۲۰
15	15	14	16	15	14	18	18	17	363	TK-607	۲۱
15	15	14	16	15	14	18	18	17	363	TK-608	۲۲
1581	1170	283	1813	1365	307	2041	1600	474	1400	TK-804	۲۳
323	202	50	336	199	55	237	131	9	1400	TK-807	۲۴
71	43	42	80	51	50	86	49	28	1000	TK-401	۲۵
1863	1387	328	2138	1617	349	2486	1959	577	2200	TK-201	۲۶
1430	1070	246	1597	1215	267	1790	1384	401	1000	TK-412	۲۷
879	639	157	958	703	169	963	706	204	1000	TK-411 A/B	۲۸
1660	1227	259	1922	1418	294	2292	1783	484	1500	TK-601	۲۹
421	285	60	454	293	66	390	245	64	400	TK-699	۳۰

جدول سه- نتایج محدوده مخاطره آمیز بر اثر تشعشع ناشی از pool fire

Distance for Pool Fire Radiation Effect (m)									حجم مخزن	نام مخزن
S/B			S/D			S/F				
37.5	12.5	4	37.5	12.5	4	37.5	12.5	4		
Not Reach	24	61	Not Reach	23	61	Not Reach	24	62	750	TK-142
407	581	873	409	583	875	415	590	883	750	TK-141 A/B
Not Reach	22	49	Not Reach	22	49	Not Reach	22	49	300	TK-122
Not Reach	22	49	Not Reach	22	49	Not Reach	22	49	300	TK-123
Not Reach	222	481	Not Reach	222	481	Not Reach	224	483	750	TK-121
Not Reach	480	889	Not Reach	484	893	Not Reach	495	904	3500	TK-312 A/B
Not Reach	389	768	Not Reach	391	769	Not Reach	395	775	2500	TK-311 A/B
105	148	221	105	147	221	105	148	222	50	TK-103
Not Reach	24	71	Not Reach	24	70	Not Reach	24	71	2000	TK-114
Not Reach	24	71	Not Reach	24	70	Not Reach	24	71	2000	TK-113 A/B
Not Reach	26	77	Not Reach	27	77	Not Reach	26	77	2500	TK-111 A/B
Not Reach	25	71	Not Reach	25	71	Not Reach	25	71	2000	TK-112
Not Reach	25	71	Not Reach	24	71	Not Reach	25	71	2000	TK-115
Not Reach	32	105	Not Reach	32	105	Not Reach	33	106	8000	TK-101 A/B
Not Reach	23	59	Not Reach	23	59	Not Reach	237	520	900	TK-102 A/B
Not Reach	198	436	Not Reach	198	436	Not Reach	198	436	6034	TK-801
Not Reach	165	372	Not Reach	166	372	Not Reach	165	373	421	TK-601 A/B
Not Reach	23	46	Not Reach	23	46	Not Reach	159	350	363	TK-607
Not Reach	24	49	Not Reach	24	49	Not Reach	24	49	363	TK-608
Not Reach	22	63	Not Reach	23	64	Not Reach	24	65	1400	TK-807
Not Reach	255	540	Not Reach	258	543	Not Reach	256	541	1000	TK-401
Not Reach	152	362	Not Reach	155	364	Not Reach	162	374	400	TK-699

جدول چهار- نتایج محدوده مخاطره‌آمیز بر اثر تشعشع ناشی از Flash fire

Distance for Flash Fire Envelop (m)						حجم مخزن	نام مخزن	شماره
S/B		S/D		S/F				
LFL fra	LFL	LFL fra	LFL	LFL fra	LFL			
36	36	22	22	23	23	750	TK-142	۱
163	67	159	71	186	96	750	TK-141 A/B	۲
42	13	48	13	37	13	300	TK-122	۳
41	13	48	13	37	13	300	TK-123	۴
63	38	60	32	90	30	750	TK-121	۵
94	94	96	95	96	96	3500	TK-312 A/B	۶
103	31	107	31	125	33	2500	TK-311 A/B	۷
32	13	40	12	29	10	50	TK-103	۸
222	141	242	145	218	119	2000	TK-114	۹
222	141	242	145	218	119	2000	TK-113 A/B	۱۰
238	157	272	148	283	152	2500	TK-111 A/B	۱۱
222	141	242	145	218	119	2000	TK-112	۱۲
222	141	242	145	218	119	2000	TK-115	۱۳
945	707	1046	761	1132	791	8000	TK-101 A/B	۱۴
129	57	137	56	108	57	900	TK-102 A/B	۱۵
1402	684	1656	796	3017	1532	1800	TK-413	۱۶
209	118	224	124	321	167	1800	TK-802	۱۷
169	95	179	100	243	128	1000	TK-803	۱۸
1028	667	1675	986	3296	1506	6034	TK-801	۱۹
156	69	142	88	131	75	421	TK-601 A/B	۲۰
15	15	16	15	18	18	363	TK-607	۲۱
15	15	16	15	18	18	363	TK-608	۲۲
1581	1170	1813	1365	2041	1600	1400	TK-804	۲۳
323	202	336	199	237	131	1400	TK-807	۲۴
71	43	80	51	86	49	1000	TK-401	۲۵
1863	1387	2138	1617	2486	1959	2200	TK-201	۲۶
1430	1070	1597	1215	1790	1384	1000	TK-412	۲۷
879	639	958	703	963	706	1000	TK-411 A/B	۲۸
1660	1227	1922	1418	2292	1783	1500	TK-601	۲۹
421	285	454	293	390	245	400	TK-699	۳۰

جدول پنج- نتایج محدوده مخاطره‌آمیز بر اثر تشعشع ناشی از fire ball

Distance for Fireball Radiation Effect (m)									حجم مخزن	نام مخزن
S/B			S/D			S/F				
37.5	13	4	37.5	12.5	4	37.5	13	4		
421	995	1817	421	995	1817	421	995	1817	1800	TK-413
159	396	736	159	396	736	159	396	736	1800	TK-802
125	322	601	125	322	601	125	322	601	1000	TK-803
Not Reach	198	436	Not Reach	198	436	Not Reach	198	436	6034	TK-801
120	542	1048	120	542	1048	120	542	1048	1400	TK-804
279	738	1372	279	738	1372	279	738	1372	2200	TK-201
80	472	920	80	472	920	80	472	920	1000	TK-412
Not Reach	274	586	Not Reach	274	586	Not Reach	274	586	1000	TK-411 A/B
163	607	1163	163	607	1163	163	607	1163	1500	TK-601

۹- بحث و نتیجه گیری

۹-۱- تعیین نقاط تجمع ایمن (Muster points)

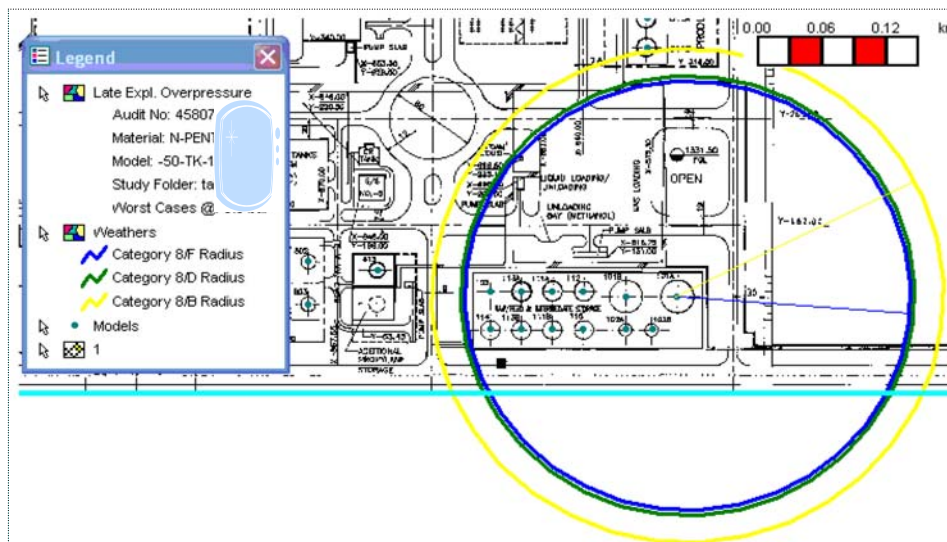
تعیین نقاط تجمع ایمن، کاملاً وابسته به جهت باد می باشد و بر اساس جهت باد در نرم افزار PHAST، نقاط امن سناریو مشخص می گردد. بر اساس نقشه های موجود و با در نظر گرفتن اثرات تجمعی انفجار و آتش سوزی در ناحیه مخازن، هیچ نقطه ای از آن منطقه به عنوان نقطه تجمع ایمن انتخاب نشده است.

۹-۲- پیامدهای ناشی از اثر Domino و بروز رخدادهای ثانویه

با بررسی حوادث و وقایع مشخص میگردد که پیامدهای اولیه میتوانند منجر به وقوع حوادث ثانویه دیگری گردند. از جمله این حوادث میتوان به حادثه PEMEX اشاره نمود که در آن حادثه به سبب نزدیکی مخازن با یکدیگر سایر مخازن نیز دچار آسیب شده و در نهایت سبب تشدید پیامدهای ناشی از این حادثه گردید.

البته شایان ذکر است در بسیاری از موارد آسیبهای ثانویه ناشی از انفجار مخازن به مراتب شدیدتر از آسیبهای ثانویه ناشی از حریق میباشد لذا به منظور ادامه مطالعات به بررسی پیامدهای ثانویه ناشی از انفجار تجهیزات پرخطر که در بخشهای قبل مشخص شده میپردازیم تا دامنه تخریب را تعیین نماییم. همانطور که در بخشهای قبلی نیز بدان اشاره شد معیارهایی به منظور بررسی شدت تخریب تعیین گردیدند که با یکدیگر سایر مخازن نیز دچار آسیب شده و در نهایت سبب تشدید پیامدهای ناشی از این حادثه گردید. البته شایان ذکر است در بسیاری از موارد آسیبهای ثانویه ناشی از انفجار مخازن به مراتب شدیدتر از آسیبهای ثانویه ناشی از حریق میباشد لذا به منظور ادامه مطالعات به بررسی پیامدهای ثانویه ناشی از انفجار تجهیزات پرخطر که در بخشهای قبل مشخص شده میپردازیم تا دامنه تخریب را تعیین نماییم.

همانطور که در بخشهای قبلی نیز بدان اشاره شد معیارهایی به منظور بررسی شدت تخریب تعیین گردیدند که ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ شعاع ۰/۱ تخریب قابل برگشت می باشد. برای بررسی شعاع آسیب برگشت ناپذیر باید از معیار عددی ۰/۳ بار استفاده می کنیم که تخریب های ناشی از آن برگشت پذیر نمی باشد. در شکل زیر نمونه ای از Late Expolition با توجه به ابعاد منطقه مورد مطالعه به عنوان نمونه آورده شده است.



شکل هفت- محدوده های تخریبی انفجار در مخزن محتوی نفتا در شرایط آب و هوایی مختلف

برخی از موارد ایمنی که لازم است در طراحی مخازن کروی گازمیع برای گازهای قابل اشتعالی مانند LPG (Liquefied Petroleum Gas) در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

- ضد آتش نمودن پایه ها و نگهدارنده‌ها (Supports) برای حداقل نمودن زیانهای ناشی از آتش‌سوزی
- قطع اتوماتیک ورودی و خروجی و مسیرگردش (Circulation) و شیر بازگشت (Recycle) بخارات مخازن کروی
- شبکه آب آتش‌نشانی باید مطابق استاندارد طراحی شده و در دوره های زمانی مختلف مورد بررسی عملکردی قرار گیرد..
- استفاده از سنسورهای کوارتزی زودگداز مانند فیوز حرارتی برای درک افزایش حرارت و برای اطمینان از عملکرد صحیح سیستم اتوماتیک (سیستم حفاظتی مضاعف).
- سیستم اتوماتیک جریان آب برای خنک نمودن مخازن کروی، پمپها، لوله‌ها و ساختمانها در مورد آتش‌سوزی
- برنامه تعمیرات پیشگیری منظم و دقیق برای احتراز از هر نوع نشتی گاز (مانند کالیبراسیون و آزمایش سالیانه شیرهای اطمینان)
- رعایت فاصله مناسب اتاق کارکنان از مخازن و مناطق با پتانسیل خطر

مراجع

۱. مهدی غلامی، آریانی و الماسی، "مدیریت ایمنی و روشهای شناسایی خطرات و آنالیز پیامدها در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی"، اولین کنگره بهداشت و ایمنی، بندرعباس، ایران، ۱۳۸۷
2. D.H. Stamatis , " FMEA From Theory to Execution" , Ascc,2005.
3. R.Mc Dermott , et. al." The Basic of FMEA" , Quality Resource , 2006.
۴. محسن پورسعیدی، "بکارگیری FMEA در فرآیند عملیات حرارتی"، گروه مهندسی صنایع دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.
5. P.Palady , "Failure Modes & Analysis" , PT Publications , 2005.
6. M.L. Smith and P.C. Young , "Risk Management and Insurance" , 8nd ed , MC Grow-Hill , 2008.
7. Lars Harms , "Safety Analysis Principles and Practice in Occupational Safety" , 2003.
8. M.G. STEWART , "Probabilistic Risk , Hazard Assessment" , 2005.
9. Yacov Y.Haims , "Risk Modeling, Assessment, and Management", 2008.
۱۰. دکتر رضا مهربان ، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، نشر البرز، ۱۳۸۶.
۱۱. مهدی باصولی، "بررسی و تحلیل عوامل خروج خط قطار راه آهن ایران با استفاده از تحلیل درخت خطا"، گروه مهندسی صنایع دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.