

ارزیابی مخاطرات بالقوه عملیاتی و بررسی آثار آن بر مناطق مسکونی و صنعتی مجاور (مطالعه موردی ارزیابی خطرات یک شرکت پتروشیمی به روش DOW Index)

علی علیزاده^۱، محمد حسین مهدی غلامی^۲، سیاوش درفشی^۳، تیمور فرهوش^۴

امور HSEQ پتروشیمی تبریز - شرکت ملی صنایع پتروشیمی

تلفن: ۰۴۱۱-۴۲۸۲۶۸۰، فاکس: ۰۴۱۱-۴۲۰۸۸۰۹

پست الکترونیکی: aaosalu@tpco.ir

چکیده

امروزه، مدیریت ریسک بخشی محوری از مدیریت بشمار می رود، چنانچه بسیاری از تصمیم گیری های کلان مدیران در چارچوب مدیریت ریسک انجام می گیرد. ارزیابی ریسک ابزار مدیریت ریسک بوده و بکمک آن می توان پتانسیل وجود خطرات را بررسی، و در مورد سرمایه گذاری برای کاهش آن تصمیم گیری کرد. صنایع نفت و گاز بعلت گستردگی فراوان، حجم عظیم سرمایه، مخاطرات فراگیر و تعداد زیاد افرادی که در این صنایع در حال فعالیت می باشند، همواره کانون توجه متخصصین و دست اندرکاران ایمنی بوده و تلاش های گسترده ای در راستای ایمنی بیشتر این صنعت در جهان صورت می گیرد. امروزه اتخاذ تصمیم های کلیدی در صنعت نفت و گاز 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 واکنشهای اضطراری مناسب را در زمان وقوع خطرات به سهولت و صرف کمترین زمان ممکن امکان پذیر می سازد. در این مقاله مخاطرات عملیاتی بالقوه یک شرکت تولید کننده مواد پلیمری با روش مشهور به DOW Index شناسایی شده و با استفاده از نرم افزار PHAST سناریوهای مختلف بر اساس نقاط کانونی پر خطر مورد ارزیابی قرار گرفته و آثار هرگونه نشتی، اشتعال و انفجار در هر یک از تجهیزات بر مناطق مجاور مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج بررسی حاکی از آن است که روش انتخاب شده، روش مناسبی برای ارزیابی خطرات بالقوه عملیاتی به شمار می رود. همچنین با استفاده از این روش و استفاده از نرم افزار PHAST می توان نقاط امن مناسبی بر اساس سناریوهای مختلف کاری در شرایط اضطراری برای شرکت مورد مطالعه انتخاب کرد و محل استقرار مرکز مدیریت حوادث را در یکی از این نقاط بر اساس امکانات و اولویتهای موجود قرار داد.

^۱ - دانشجوی دکتری - کارشناس ارشد مهندسی شیمی

^۲ - کارشناسی مهندسی مکانیک

^۳ - کارشناس ارشد مهندسی صنایع

^۴ - کارشناسی مهندسی صنایع - ایمنی صنعتی

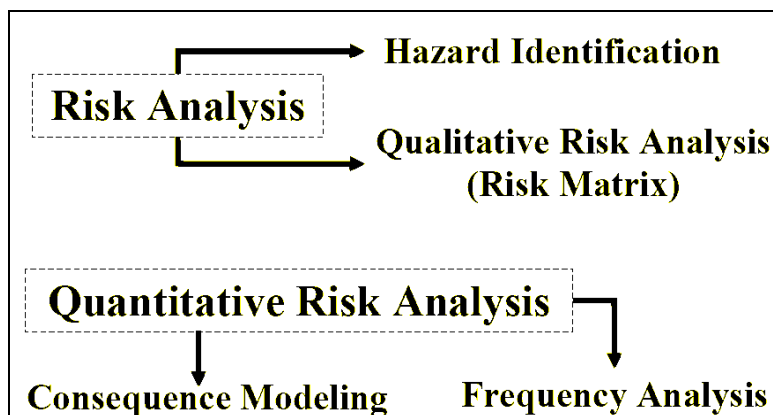
واژه های کلیدی: مدل سازی پیامدها، آنالیز کمی و کیفی ریسک، ارزیابی مخاطرات، روش DOW Index، نرم افزار

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. جهت پیشگیری از حوادث ابتدا باید عوامل بالقوه بروز آنها را شناسائی نمود. این عوامل شامل مخاطرات کوچک و بزرگ، پنهان و آشکار می باشند. در صنایع مختلف و زندگی پیرامون ما مخاطرات بسیار زیادی پنهان گردیده اند. اما برخی از آنها در صورت ظهور، توانائی آسیب رساندن را نداشته و برخی دیگر احتمال وقوع با اثرات قابل اندازه گیری را خواهند داشت. از اینرو مطالعاتی تحت عنوان ارزیابی ریسک و پیامدها مورد توجه تصمیم گیران قرار گرفته است. به کمک این مطالعات می توان از طریق معادلات ریاضی و پس از شناسایی مخاطرات اقدام به ارزیابی هر یک از مخاطرات نمود و دامنه اثر آنها را مشخص نمود [۱].

بخش شناسائی مخاطرات و آنالیز کیفی ریسک به همراه بخش حذف، اصلاح، کنترل و پایش ریسک از مهمترین، ضروری ترین و فنی ترین احتیاجات مهندسین مشاور، مهندسان ایمنی و فرآیند کلیه صنایع می باشد. پس از شناسائی 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 [۱].



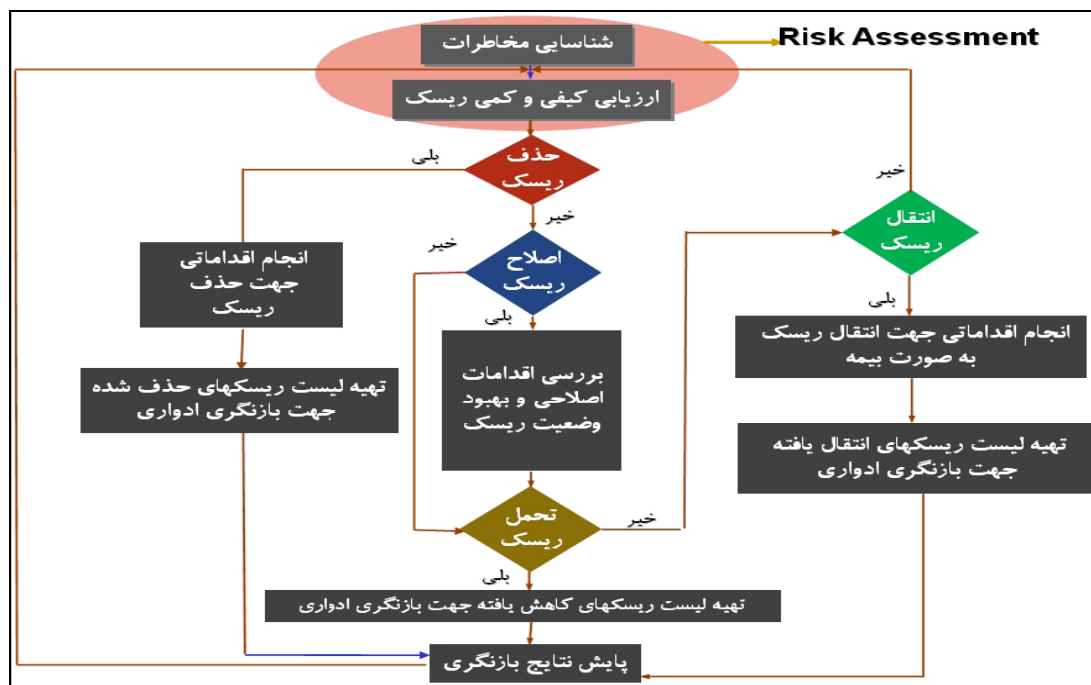
شکل یک - الگوریتم ارزیابی ریسک (Risk Assessment)

در مرحله تشخیص خطر می توان از روشهای متعددی برای کشف پتانسیل بروز حوادث استفاده کرد. معروفترین روش شناسائی مخاطرات در فرآیندهای شیمیائی "مخاطرات و قابلیت عملکرد" Hazard & Operability (HazOp) می باشد. 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 چنان که پخش آنها، ریسک هائی مانند آتش سوزی، انفجار یا آثار سمی بوجود آورد. در مرحله بعدی 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 آن است که چگونگی حرکت، تغییرات فیزیکی و شیمیائی از هنگام تخلیه به محیط تا مکان

تأثیر گذاری به صورت بسیار دقیق مدل سازی شود. این روند مراحل رهائش (Discharge) و پراکنش (Dispersion) و تأثیر گذاری را در بر می گیرد. در مدل سازی، تعیین پیامدها بصورت کاملاً کمی انجام می شود. هر چند برآورد کیفی پیامدها یا رده بندی شدت پیامدها نیز امکان پذیر است [۱].

در مرحله بعدی احتمال بروز حوادث برآورد خواهد شد. در این راستا بررسی احتمال بروز حوادث از طریق کشف و بررسی نقش و میزان تأثیر روابط علت - معلولی میان ساز و کارهای سیستم در تأثیر نهائی یک حادثه انجام می شود. 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 تأثیر گذار بر آن رسم و با استفاده از اپراتور منطقی و روابط جبر بولی تفسیر می شوند. در صورتی که نتایج کمی مورد نظر باشد، باید داده های آماری مرتبط با احتمال خرابی (failure) موجود سیستم را در آنها وارد کرد.

در پایان جهت مقایسه اولویت سناریو های مختلف حوادث، آنها را نه برحسب تأثیر یا احتمال بروز، بلکه برحسب ریسک یعنی ترکیب این دو عامل طبقه بندی می کنند. در این شرایط با توجه به بودجه و اولویت بندی انجام شده، به حذف، اصلاح، تحمل و یا انتقال ریسک ها همانند شکل دو پرداخته خواهد شد [۱].



شکل دو - نحوه تصمیم گیری با ریسک های ارزیابی گردیده

انتظار می رود با انجام ارزیابی مخاطرات پاسخ مناسبی برای سوالات ذیل به دست آید:

الف- در صورت بروز آتش سوزی و یا آتش سوزی در هریک از سناریوهای رهائش مواد خطرناک اعم از آتشگیر و سمی از

دستگاه ها، محدوده، جهت و شعاع گسترش آتش سوزی و اثرات مختلف آن چگونه خواهد بود؟

ب- در صورت نشت و رها سازی مواد خطرناک و سمی از دستگاه ها ، محدوده، جهت و شعاع آلودگی و اثرات مختلف ایمنی ، بهداشت و زیست محیطی آن چگونه خواهد بود؟

ج- احتمال وقوع سناریوهای رهایش مواد خطرناک اعم از آتشگیر و سمی از دستگاه ها که منجر به آتش سوزی و انفجار می شود به چه میزان می باشد؟

د- آیا ارزیابی کمی ریسک جهت طرح ریزی واکنش های اضطراری الزامی است؟ و آیا دستورالعمل های فعلی جهت واکنش های اضطراری کافی می باشد؟

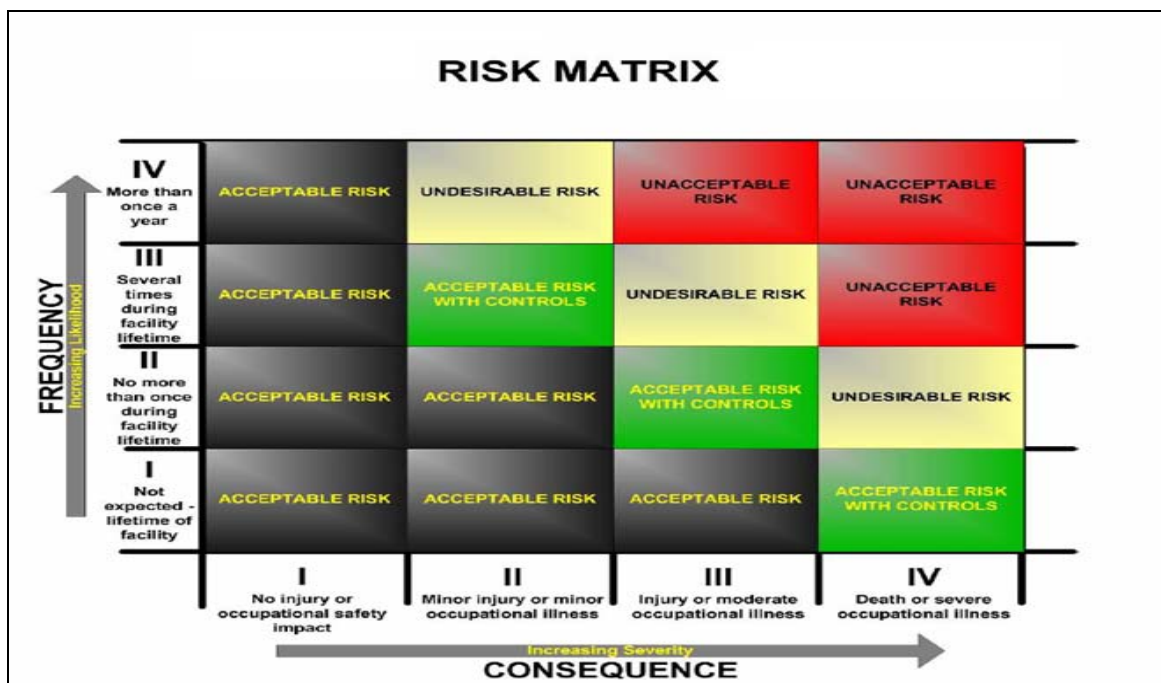
ه- میزان خسارت های بعمل آمده در صورت بروز هریک از حوادث آتش سوزی ، انفجار و نشر مواد اعم از آتشگیر و سمی بر روی مناطق مسکونی مجاور چقدر است؟

و- احتمال آلودگی آبهای زیر زمینی در صورت نشر مواد سمی وجود دارد یا خیر؟

ز- آیا مکان اتاق های کنترل و ساختمانهای اداری در موقعیت مناسبی قرار گرفته است؟

ح- آیا لازم است ساختمان های اطراف واحد های فرآیندی ضد انفجار شوند؟

در مطالعات HazOP پس از شناسائی مخاطرات، میزان کیفیت ریسک آن بر مبنای ماتریس های کیفی ریسک (شکل سه) تعیین می شود . سپس جهت کاهش درجه ریسک مخاطرات به مقادیر مجاز، اقدامات اصلاحی ارائه خواهد شد [۲].



شکل سه- نمونه ای از ماتریس ریسک

با در نظر گرفتن متغیرهای موثر و متعدد بدست آمده در پیش بینی رفتار مواد در سناریو های مختلف ، لازم است از مدل های معتبر و دقیق استفاده شود . این متغیرها عبارتند از [۱]:

الف -خواص مواد شیمیائی مختلف بویژه آنکه برخی سمی و بعضی آتشگیر بوده و پاره ای هر دو حالت را دارا می باشند .

ب- شرایط عملیاتی و ذخیره سازی مواد از قبیل فشار، دما و حالت ترمودینامیکی آنها
ج- ابعاد محل خروج مواد و نوع سناریو از نظر زمانی یعنی تدریجی یا ناگهانی بودن
د- تاثیر یا عدم تاثیر سیستم های از کاراندازی اتوماتیک در شرایط رهایش مواد
ه- شرایط اقلیمی، مانند سرعت و جهت باد، دما و فشار هوا، رده پایداری جوی، رطوبت و نظیر آنها
و- موقعیت مکانی دستگاهها، واحد ها و ساختمانهای صنعتی، اداری و مسکونی در محوطه و خارج از محدوده منطقه عملیاتی

ز- الگوی پراکندگی جمعیت در اطراف کارخانه (فاصله، تعداد، جهت و...)
مدل سازی، چگونگی حرکت و تغییرات فیزیکی و شیمیایی توده مواد از هنگام تخلیه به محیط تا مکان تاثیرگذاری را به دقت پیش بینی نموده و پیامدهای محتمل را تخمین میزند. همچنین مدل سازی، رژیم های مختلف جریان، تشکیل و تقسیم فازها، بارش، جاری شدن روی زمین، بازتبخیر، رقیق شدن و سایر پدیده های فیزیکی مواد را در نظر گرفته و متناسب با نتایج آنها، مکان و زمان تاثیرگذاری نهائی مواد و شدت آن را تعیین نماید. مهمترین تاثیرات عبارتند از تشعشع ناشی از آتش سوزی (با در نظر گرفتن تنوع حالت های مختلف آتش سوزی)، افزایش فشار در اثر انفجار (یا به اصطلاح موج انفجار) و پراکندگی مواد سمی در مکان و زمان و اثر مواجهه با این مواد (شدت مسمومیت).

۲- انواع آتش سوزی در فرایندهای صنعتی و شیمیایی [۳].

۲-۱- حریق حوضچه ای (pool fire)

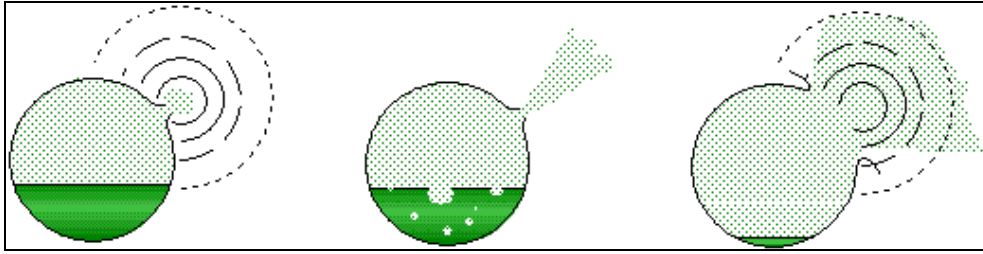
همچنان که از نام این نوع حریق مشخص است این حریق زمانی رخ میدهد که حجمی از یک مایع قابل اشتعال در یک نقطه تجمع یابد. سپس با تبخیر این مواد بر اثر تابش یا سایر روشها و نشت بخارات آن به محیط در طول مسیر وزش باد و رسیدن به یک جرقه این حوضچه شروع به سوختن می کند.

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.

۲-۳- حریق گلوله ای و انفجار بخار مایع جوشان (Fire Ball & Bleve)

این حادثه معمولا 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.



شکل چهار - حریق گلوله‌ای و انفجار بخار مایع جوشان

۳- ارزیابی مخاطرات (Risk Assessment)

در لیست ارائه شده از مواد مصرفی و تولیدی شرکت مورد مطالعه، مشاهده می‌شود بسیاری از این مواد ذاتاً خاصیت اشتعال‌پذیری یا مسمومیت زایی دارند که این خود مسبب مخاطره‌آمیز شدن مخازن حاوی این مواد در مجتمع می‌گردند که البته به سبب حجم مواد موجود در این مخازن و مکان قرار گیری آنها اهمیت این نقاط چندین برابر می‌گردد. لذا برای هر مخزن میتوان رخداد حوادثی مانند BLEVE, Over pressure, Flash fire, Pool fire روی دهد [۴].

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 می‌کند. 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.

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

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

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 می‌شود [۵].

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 بندیکرد، می بایست 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، ثانياً 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 نمیتوان با استفاده از این روش شناسایی و بررسی نمود.

۳-۵-۵- 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

۳-۵-۱- 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.

۳-۵-۲- فاکتورهای مخاطرات عمومی فرآیندی (F1)

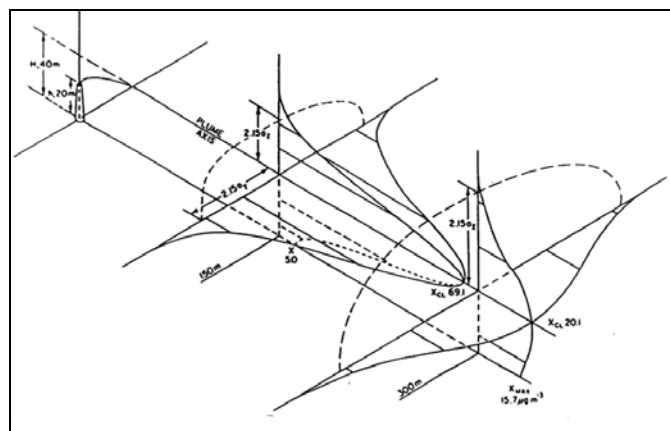
اکثر فرآیندهای شیمیایی با مخاطرات معمولی، مانند واکنشهای گرماگیر و گرمازا، جابجایی مواد قابلیت، دسترسی به تجهیز مورد نظر و سایر موارد مواجه هستند. در صورت وجود چنین مخاطراتی در آن وسیله باید شاخص های مربوطه در محاسبات ریسک اعمال گردد.

۳-۵-۳- 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 باشد. در نهایت پس از تعیین این سه پارامتر (MF, F1, F2) و ضرب آنها در یکدیگر شاخص کلی F&E Index محاسبه می شود.

۳-۶- 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 بپردازیم. 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. ساختار کلی نشر در این شرایط را در شکل زیر ملاحظه مینمائید [۷].



شکل پنج - انتشار گازها در محیط به روش Gaussian

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 همسازی 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 منبع 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 میگردد 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).

۳-۷- 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 [۸].

۴- مورد کاوی (Case Study)

پس از مطالعات DOW بر روی تمامی تجهیزات فرایندی موجود در واحد های مختلف شرکت مورد مطالعه ، مقارن گردید به منظور بررسی دقیق سناریو های تعریف شده ، تنها ادوات و تجهیزات با شاخص DOW بیش از ۱۲۸ در نظر گرفته شود. در جدول زیر لیستی از این ادوات آمده است:

جدول یک- ادوات و تجهیزات مورد مطالعه

| Line C | | | Olefin | | Line B | Line E | | Line A | | Offsite Storage |
|----------------|----------------|----------------|---------|-------|--------|--------|--------------|--------------|---------|-----------------|
| C ₁ | C ₂ | C ₃ | | | | BD | A.B.S | Benzene / PG | Pentane | |
| EB | R-202 | R-301 A,B | V-201 | V-505 | R-400 | V-201 | PBL | V-201 | V-501 | TK-142 |
| R-101 | R-203 | TK-101 | V-203 | V-506 | R-050 | V-501 | R-101/102 | T-102 | V-502 | TK-141 A,B |
| R-102 | R-204 | | V-204 | V-507 | R-301 | V-502 | V-112 | T-301 | V-503 | TK-122 |
| R-103 | R-205 | | V-205 | V-901 | | T-202 | TK-101-3 | TK-401 | T-501 | TK-123 |
| T-201 | R-401 | | V-206 | V-902 | | T-401 | TK-104 | TK-402 | T-502 | TK-121 |
| SM | R-402 | | V-207 | T-153 | | T-402 | G-ABS | TK-403 | | TK-312 A,B |
| R-301 | TK-102 A,B | | V-208 A | T-301 | | | V-224 | TK-405 | | TK-311 A,B |

در ادامه نمونه ای از فرمهای تکمیل شده بر اساس روش Dow و محاسبه شاخص مربوطه آورده شده است.

| | | | | | |
|---|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|
| site: Butadiene Extraction | | Manufacturing Unit: PG & Benzene Unit | | Process unit: V-201 | |
| Materials in Process Unit: | | | | | |
| State of Operation: Normal operation | | | Basic Material for Material Factor: hydrogen | | |
| Material Factor | | | | 21 | |
| 1. General Process Hazards | | | | penalty factor range | penalty factor used(1) |
| Base factor | | | | 1 | 1 |
| A. Exothermic chemical reaction | | | | 0.30 to 1.25 | |
| B. Endothermic chemical reaction | | | | 0.20 to 0.40 | |
| C. material Handling and transfer | | | | 0.25 to 1.05 | |
| D. Enclosed or indoor process units | | | | 0.25 to 0.90 | |
| E. Access | | | | 0.2 to 0.35 | 0.2 |
| F. Drainage and spill control | | | | 0.25 to 0.50 | 0.5 |
| gal or cum | | | | | |
| General Process Hazard Factor (F1) | | | | 1.7 | |
| 2. Special Process Hazards | | | | | |
| Base factor | | | | 1 | 1 |
| A. Toxic Material | | | | 0.20 to 0.80 | 0.8 |
| B. Sub-Atmospheric pressure(<500mm Hg) | | | | 0.5 | |
| C. Operation In or Near Flammable Range | | | | | |
| 1. Tank Farms Storage Flammable Liquids | | | | 0.5 | |
| 2. Process Upset or Purge Failure | | | | 0.3 | |
| 3. Always in Flammable Range | | | | 0.8 | 0.3 |
| D. Dust Explosion | | | | 0.25 to 2.00 | |
| E. Pressure | | | | Operating pressure relief pressure | 327.4752 psig 431.3941 psig |
| | | | | 0.554912082 0.633427625 | 0.583354574 |
| F. Low Temperature | | | | 0.20 to 0.30 | |
| G. Quantity of Flammable/ Unstable Material | | | | Quantity Hc= | 150.246 lb 51600 BTU/lb |
| | | | | 0.007752694 -4.654576621 | 0.0000 |
| 1. Liquid or Gases in Process | | | | | 0.0000 |
| 2. Liquid or Gases in Storage | | | | | |
| 3. Combustible Solids in Storage, Dust in Process | | | | | |
| H. Corrosion & Erosion | | | | 0.10 to 0.75 | 0.1 |
| I. Leakage - Joint and packing | | | | 0.10 to 0.75 | 0.1 |
| J. Use of Fire Equipment | | | | 98.4249 | 0.279419566 |
| K. Hot Oil Heat Exchange System | | | | 0.15 to 1.15 | 0.279419566 |
| L. Rotating equipment | | | | 0.5 | 0.5 |
| Special Process Hazards Factor(F2) | | | | 3.66277414 | |
| Process Unit Hazard Factor(F1*F2)=F3 | | | | 6.216716037 | |
| Fire and Explosion Index (F3*MF=F&EI) | | | | 130.7610368 | |

شکل شش - نمونه ای از فرم ارزیابی بر اساس Dow Index

۵- نتایج ارزیابی مخاطرات

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. جدول زیر محدوده مخاطره آمیز در حادثه Flash fire در تجهیزات مورد نظر را نشان می دهد.

جدول دو- محدوده مخاطره آمیز در حادثه Flash fire در تجهیزات مورد مطالعه

| Distance to Concentration Results (m) | | | | | | | | | scenario |
|---------------------------------------|-------|-----|----------|-------|-----|----------|------|-----|---------------------------------|
| S/B | | | S/D | | | S/F | | | |
| LFL Frac | LFL | UFL | LFL Frac | LFL | UFL | LFL Frac | LFL | UFL | |
| 48.2 | 26.7 | 2.3 | 47.5 | 26.1 | 2.3 | 46.2 | 24.3 | 2.2 | V-201 |
| | | | | | | | | | V-201 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | Voupor outlet line |
| 25.7 | 13.4 | 0.0 | 34.2 | 16.9 | 0.0 | 37.3 | 17.7 | 0.0 | 4" Vaper Outlet Line |
| 4.8 | 3.3 | 0.0 | 6.2 | 4.0 | 0.0 | 5.3 | 3.7 | 0.0 | 5 mm hole in vaper Outlet Line |
| 15.8 | 11.1 | 0.3 | 19.7 | 13.9 | 0.3 | 17.8 | 12.5 | 0.3 | 25 mm hole in vaper Outlet Line |
| | | | | | | | | | liquid outlet line |
| 171.4 | 104.2 | 4.0 | 172.5 | 103.1 | 4.0 | 51.5 | 29.9 | 3.4 | 4" liquid Outlet Line |
| 3.6 | 2.5 | 0.1 | 3.9 | 2.7 | 0.1 | 3.1 | 2.3 | 0.1 | 5 mm hole in liq Outlet line |
| 18.0 | 10.0 | 0.4 | 19.4 | 10.6 | 0.4 | 15.4 | 9.5 | 0.4 | 25 mm hole in liq Outlet line |
| | | | | | | | | | Feed inlet line |
| 57.5 | 34.2 | 1.0 | 61.0 | 37.8 | 1.0 | 61.3 | 40.6 | 1.0 | 4" Feed inlet Line |
| 2.1 | 0.9 | 0.0 | 2.3 | 1.1 | 0.0 | 2.0 | 0.9 | 0.0 | 5 mm hole in Feed inlet line |
| 7.6 | 3.9 | 0.0 | 9.2 | 4.4 | 0.0 | 8.3 | 4.1 | 0.0 | 25mm hole in Feed inlet Line |
| | | | | | | | | | TK-401 A/B |
| 25.3 | 11.0 | 6.0 | 26.5 | 11.5 | 5.9 | 29.2 | 12.4 | 8.1 | TK-401 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | outlet line |
| 7.9 | 5.6 | 1.4 | 10.3 | 7.0 | 1.7 | 8.7 | 6.0 | 1.5 | 4" Vaper Outlet Line |
| 2.8 | 1.6 | 0.2 | 3.2 | 1.9 | 0.2 | 2.7 | 1.6 | 0.2 | 5 mm hole in Outlet Line |
| 10.7 | 7.0 | 1.1 | 11.6 | 9.0 | 1.2 | 10.3 | 8.2 | 1.2 | 25 mm hole in Outlet Line |
| | | | | | | | | | inlet line |
| 14.3 | 10.4 | 2.5 | 14.8 | 11.4 | 2.6 | 12.1 | 10.1 | 2.5 | 3" inlet Line |
| 2.8 | 1.8 | 0.3 | 3.7 | 2.5 | 0.4 | 3.2 | 2.2 | 0.4 | 5 mm hole in inlet Line |
| 7.9 | 5.6 | 1.4 | 10.3 | 7.0 | 1.7 | 8.7 | 6.0 | 1.5 | 25 mm hole in inlet Line |
| | | | | | | | | | TK-402 A/B |
| 24.9 | 10.3 | 5.4 | 31.1 | 12.4 | 6.1 | 36.9 | 26.8 | 4.2 | TK-402 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | outlet line |
| 13.6 | 11.9 | 3.7 | 20.2 | 11.9 | 5.0 | 34.4 | 11.7 | 6.0 | 3" Outlet Line |
| 2.7 | 1.6 | 0.2 | 3.0 | 1.7 | 0.2 | 2.5 | 1.5 | 0.2 | 5 mm hole in Outlet Line |
| 10.4 | 6.9 | 1.0 | 11.9 | 8.6 | 1.2 | 10.2 | 8.1 | 1.2 | 25 mm hole in Outlet Line |
| | | | | | | | | | inlet line |
| 11.6 | 11.3 | 2.3 | 12.7 | 11.4 | 2.9 | 14.1 | 11.1 | 3.3 | 3" inlet Line |
| 2.7 | 1.6 | 0.2 | 3.0 | 1.7 | 0.2 | 2.5 | 1.5 | 0.2 | 5 mm hole in inlet Line |
| 10.4 | 6.9 | 1.0 | 11.9 | 8.6 | 1.2 | 10.2 | 8.1 | 1.2 | 25 mm hole in inlet Line |

در این جداول LFL و UFL بازه ای از غلظت ماده در هوا را نشان می دهد که در صورت مواجه 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 1/8 تا 2 برابر فاصله LFL نشان داده می شود. جدول زیر نیز محدوده مخاطره آمیز بر اثر تشعشع ناشی از Fire Ball در تجهیزات مورد نظر را نشان می دهد.

جدول سه - محدوده مخاطره آمیز در حادثه fire ball در تجهیزات مورد مطالعه

| Fireball Radiation Effects (m) | | | | | | | | | scenario |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| S/B | | | S/D | | | S/F | | | |
| 37.5(Kw/m ²) | 12.5(Kw/m ²) | 4(Kw/m ²) | 37.5(Kw/m ²) | 12.5(Kw/m ²) | 4(Kw/m ²) | 37.5(Kw/m ²) | 12.5(Kw/m ²) | 4(Kw/m ²) | |
| 27.6 | 57.9 | 105.6 | 27.6 | 57.9 | 105.6 | 27.6 | 57.9 | 105.6 | V-201 |
| | | | | | | | | | V-201 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-403 A/B |
| NOT REACHED | 35.5 | 93.7 | NOT REACHED | 35.5 | 93.7 | NOT REACHED | 35.5 | 93.7 | TK-403 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-405 A/B |
| NOT REACHED | 67.0 | 165.4 | NOT REACHED | 67.0 | 165.4 | NOT REACHED | 67.0 | 165.4 | TK-405 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-407 A/B |
| NOT REACHED | 34.6 | 91.6 | NOT REACHED | 34.6 | 91.6 | NOT REACHED | 34.6 | 91.6 | TK-407 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | R-101 |
| 57.7 | 156.8 | 296.1 | 57.7 | 156.8 | 296.1 | 57.7 | 156.8 | 296.1 | R-101 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | outlet line |
| 57.7 | 156.8 | 296.1 | 57.7 | 156.8 | 296.1 | 57.7 | 156.8 | 296.1 | 8" Vaper Outlet Line |
| | | | | | | | | | R-201 |
| 62.6 | 167.4 | 315.2 | 62.6 | 167.4 | 315.2 | 62.6 | 167.4 | 315.2 | R-201 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | T-102 |
| NOT REACHED | 183.6 | 394.6 | NOT REACHED | 183.6 | 394.6 | NOT REACHED | 183.6 | 394.6 | T-102 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | T-301 |
| NOT REACHED | 180.4 | 420.0 | NOT REACHED | 180.4 | 420.0 | NOT REACHED | 180.4 | 420.0 | T-301 Catastrophic Rupture |

در جدول زیر نیز محدوده مخاطره آمیز بر اثر ایجاد موج انفجاری (Over Pressure) آورده شده است.

جدول چهار - محدوده مخاطره آمیز بر اثر ایجاد موج انفجاری (Over Pressure) در تجهیزات مورد مطالعه

| Over pressure distance Effects(m) | | | | | | | | | scenario |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|
| S/B | | | S/D | | | S/F | | | |
| 0.3 (bar) | 0.2 (bar) | 0.1 (bar) | 0.3 (bar) | 0.2 (bar) | 0.1 (bar) | 0.3 (bar) | 0.2 (bar) | 0.1 (bar) | |
| | | | | | | | | | V-201 |
| 297.5 | 311.2 | 354.3 | 300.5 | 315.0 | 359.3 | 252.5 | 272.4 | 325.5 | V-201 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-401 A/B |
| 74.2 | 92.3 | 138.6 | 72.6 | 90.2 | 135.3 | 62.2 | 76.9 | 114.5 | TK-401 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-402 A/B |
| 58.8 | 72.6 | 107.8 | 58.2 | 71.8 | 106.5 | 55.6 | 57.2 | 41.3 | TK-402 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-403 A/B |
| 34.1 | 35.2 | 42.2 | 45.1 | 55.1 | 80.4 | 26.1 | 27.9 | 32.3 | TK-403 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-405 A/B |
| 212.9 | 216.5 | 235.9 | 233.6 | 240.3 | 258.4 | 247.1 | 251.9 | 276.2 | TK-405 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-406 A/B |
| 58.8 | 72.6 | 107.8 | 58.2 | 71.8 | 106.5 | 62.4 | 77.2 | 114.9 | TK-406 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | TK-407 A/B |
| 50.4 | 61.8 | 90.9 | 51.0 | 62.6 | 92.2 | 45.3 | 55.2 | 80.6 | TK-407 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | R-101 |
| 121.5 | 130.4 | 171.9 | 125.8 | 135.2 | 174.6 | 137.9 | 145.8 | 177.4 | R-101 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | R-201 |
| 103.4 | 122.5 | 174.4 | 105.5 | 124.0 | 175.6 | 106.9 | 125.8 | 175.2 | R-201 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | T-102 |
| 354.2 | 363.6 | 431.2 | 512.8 | 525.4 | 564.7 | 1358.4 | 1360.8 | 1370.7 | T-102 Catastrophic Rupture |
| | | | | | | | | | T-301 |
| 624.2 | 631.0 | 675.3 | 653.3 | 673.5 | 734.9 | 695.4 | 703.5 | 729.1 | T-301 Catastrophic Rupture |

۵- بحث و نتیجه گیری

۵-۱- تعیین نقاط تجمع ایمن (Muster points)

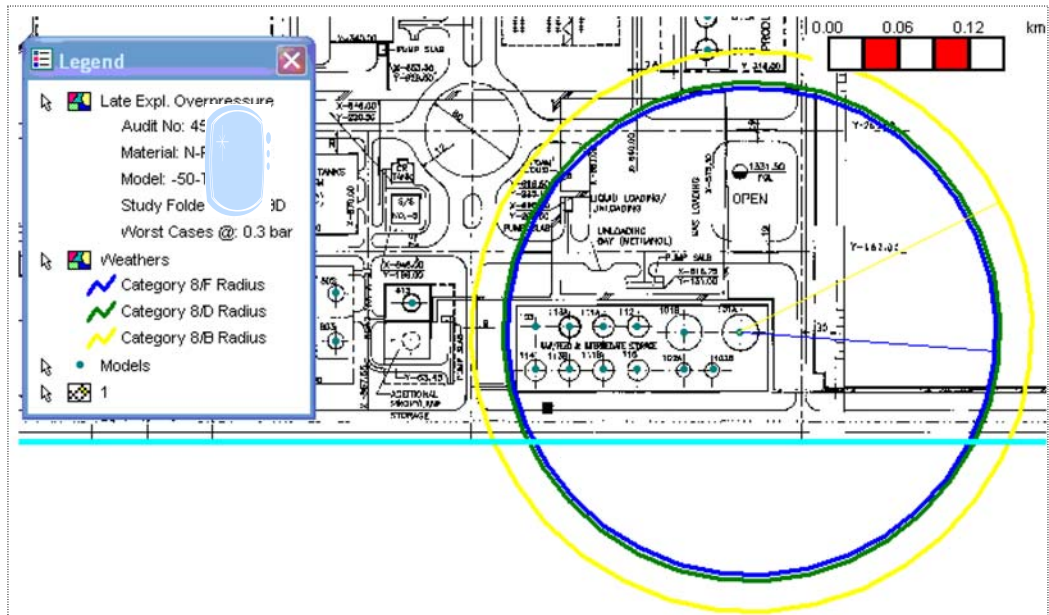
تعیین نقاط تجمع ایمن، کاملاً وابسته به جهت باد می باشد و بر اساس جهت باد در نرم افزار PHAST، نقاط امن سناریو مشخص می گردد. در منطقه مورد مطالعه ده نقطه نزدیک به مراکز تجمع جمعیتی و نقاط دور از کانونهای خطر به عنوان نقاط تجمع ایمن انتخاب گردیده است.

۵-۲- 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 انفجارن 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 ۰/۲ 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 Expoltion 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

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. P.Palady , "Failure Modes & Analysis", PT Publications , 2003.
3. R.Mc Dermott , R. Mikulak , M. Beauregard , " The Basic of FMEA", Quality Resource , 2006.
۴. دکتر رضا مهربان ، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، نشر البرز، ۱۳۸۶.
5. R.E.MELCHERS , M.G. STEWART , "Probabilistic Risk , Hazard Assessment", 2005.
6. Lars Harms – Ringdahi , "Safety Analysis Principles and Practice in Occupational Safety", 2007.
7. Yacov Y.Haims , "Risk Modeling,Assessment, and Management",1998.
۸. 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.