

ارزیابی ریسک نیمه کمی و کمی در کنایع فرآیندی با تمرکز بر روش‌های QRA,LOPA,DOW Index

مؤلفان:

مهندس اسدیل زارعی

مهندس علی دمحمدی



نشر فن آوران



نشر فن آوران

ارزیابی ریسک نیمه کمی و کمی در صنایع فرآیندی با تمرکز بر روش های QRA,LOPA,DOW Index

مولفین : مهندس اسماعیل زارعی

مهندس علی درمحمدی

توبت چاپ: اول: ۱۳۹۲

صفحه آرائی: فن آوران - مریم تنهایی

چاپ و صحافی: عطا

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۹-۰۱۰-۸

قیمت: ۱۲۵۰۰ تومان

انتشارات فن آوران: تهران، استان تهران، مقابل دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، شماره ۱۱۸

تلفکس: ۰۲۱-۶۶۹۷۵۱۸۲ تلفن: ۰۲۱-۶۶۹۷۵۱۸۲

WWW.FANAVARAN-PUB.COM Email: fanavaran2008@yahoo.com

سرشناسه : زارعی، اسماعیل، ۱۳۶۵-
عنوان و نام پدید آور : ارزیابی ریسک نیمه کمی و کمی در صنایع فرآیندی با تمرکز بر روش های
QRA,LOPA,DOW Index / مولفین اسماعیل زارعی، علی درمحمدی
مشخصات نشر : تهران: فن آوران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری : ۲۵۶ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۹-۰۱۰-۸
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
موضوع : خطرستنجی
شناسه افزوده : درمحمدی، علی، ۱۳۶۴
رده بندی کنگره : ۱۳۹۲ / ۴ الف ۶۱ / ۲ HD
رده بندی دیویی : ۶۵۸/۱۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۳۳۵۴۱۹۷

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

فصل اول: کلیات ارزیابی ریسک

۱-۱. مقدمه	۱۰
۲-۱. اهمیت و ضرورت ارزیابی ریسک	۱۰
۳-۱. اهمیت و ضرورت ارزیابی ریسک از دیدگاه آماری	۱۱
۴-۱. تقسیم‌بندی روشهای ارزیابی ریسک	۱۱
روشهای کیفی و استقرایی	۱۲
روشهای کمی، نیمه کمی و کمی	۱۲
۵-۱. ارزیابی کیفی ریسک	۱۳
۶-۱. ارزیابی نیمه کمی ریسک	۱۴
استفاده از شاخص‌های خطر	۱۴
روش تجزیه و تحلیل سلسله‌ای محاسباتی (LOPA)	۱۴
۷-۱. روش ارزیابی ریسک کمی (QRA)	۱۴
۸-۱. انتخاب روش مناسب شناسایی مخاطرات ارزیابی ریسک	۱۷
۹-۱. نتیجه‌گیری	۱۸
فصل دوم: ارزیابی ریسک کمی (QRA)	
۱-۲. مقدمه	۲۰
۲-۲. تشریح مراحل روش ارزیابی ریسک کمی (QRA)	۲۰
۳-۲. تعیین اهداف ارزیابی ریسک	۲۴
۴-۲. آشنایی کامل با واحد فرآیندی مورد مطالعه	۲۴
۵-۲. شناسایی مخاطرات	۲۵
۶-۲. تعیین و تحلیل سناریوها	۲۷
اهداف تعیین سناریوها	۲۷
انواع سناریوها	۲۸
تعریف سناریوها	۲۸
مدت زمان نشتی	۳۰
اندازه نشتی ایجاد شده	۳۰
ارتفاع نشتی از سطح مبدا	۳۲
۷-۲. مدلسازی پیامد	۳۲
۱-۷-۲. مدلسازی تخلیه	۳۳
تخلیه گاز	۳۴
تخلیه مایع	۳۶

۳۷	تخلیه دوفازی
۳۷	۲-۷-۲. مدلسازی انتشار مواد
۳۸	۳-۷-۲. مدل سازی آثار ناشی از پیامدهای نهایی (حوادث)
۴۱	۲-۷-۳-۱. انواع آتش و روشهای مدلسازی آنها
۴۱	آتش فورانی
۴۲	آتش ناگهانی
۴۲	آتش استخری
۴۲	آتش کروی
۴۳	۲-۷-۳. انواع انفجار و روشهای مدل سازی انفجار
۴۳	انفجار بخار مایع در حال جوشان (BLEVE)
۴۴	انفجار ابر بخار (VCE)
۴۶	TNT Equivalency
۴۶	TNO Multi-energy
۴۶	Baker-Strehlow
۴۹	۲-۷-۳. رهایش مواد سمی
۵۲	۸-۲. ارزیابی پیامد
۵۲	۱-۸-۲. ارزیابی پیامد آتش فورانی، آتش استخری، آتش کروی
۵۲	معیار پرابیت
۵۴	معیار سطوح آسیب
۵۸	۲-۸-۲. ارزیابی پیامد آتش ناگهانی
۶۰	۳-۸-۲. ارزیابی پیامدهای انفجار
۶۱	ارزیابی پیامد افراد بیرون (Persons Outdoor)
۶۲	ارزیابی پیامد افراد داخل (Persons Indoor)
۶۴	۲-۸-۴. ارزیابی پیامد مواد سمی
۶۴	۲-۸-۴-۱. معیارهای ارزیابی پیامد رهایش مواد سمی
۶۵	معیار ERPG
۶۶	معیار IDLH
۶۷	معیارهای EEG و SPEGL
۶۸	معیار TLV-TWA
۶۸	معیار TLV-C و TLV-STEL
۶۸	معیار LD ₅₀
۶۸	معیار غلظت سمی حاد TXDS
۶۹	معیار Toxic Endpoints
۷۱	معیار پرابیت

۷۲	نقاط قوت و ضعف روش پرابیت
۷۳	۲-۴-۸. حل نمونه مثال‌های کاربردی با روش پرابیت
۷۳	مثال ۱-۲. مرگ و میر ناشی از رهايش با غلظت ثابت
۷۴	مثال ۲-۲. مرگ و میر ناشی از رهايش Puff
۷۸	معیار ارائه شده با توجه به سطوح آسیب
۷۹	۳-۴-۸. برخی از نمودارهای کاربرد نرم افزار PHAST در ارزیابی پیامد مواد سمی
۷۹	مثال ۳-۲. مدل‌سازی رهايش گاز کلرین
۸۳	۹-۲. تعیین تکرار پذیری سناریوها
۸۴	مثال ۴-۳. محاسبات تکرارپذیری نشتی یک رویداد واقعی
۸۶	تحلیل رخت رویداد
۸۹	۱۰-۲. ترکیب احتمال وقوع شدت حوادث برای تخمین ریسک
۸۹	ریسک فردی
۹۲	ریسک جمعی
۹۶	۱۱-۲. ارزشیابی ریسک
۹۶	معیارهای پذیرش ریسک
۱۰۰	۱۲-۲. مثال ۵-۲. محاسبات کلیه مراحل ریسک فردی و ریسک جمعی در یک کارخانه شیمیایی
۱۰۰	مرحله اول: تعیین پیامدها نهایی حوادث
۱۰۱	مرحله دوم: آنالیز اثرات پیامد
۱۰۲	مرحله سوم: تخمین و تحلیل تکرارپذیری
۱۰۳	مرحله چهارم: تخمین ریسک فردی
۱۰۳	کانتورهای ریسک فردی
۱۰۶	پروفایل ریسک فردی یا نمودار برشی ریسک فردی
۱۰۷	محاسبه سایر معیارهای ریسک فردی
۱۰۸	بیشترین ریسک فردی
۱۰۸	متوسط ریسک فردی
۱۱۰	نرخ حوادث مرگبار (FAR)
۱۱۰	مرحله پنجم: محاسبات ریسک جمعی
۱۱۰	منحنی F-N
۱۱۲	نرخ متوسط تلفات (ROD)
۱۱۳	ریسک تجمعی (AR)
۱۱۴	شاخص ریسک تجمعی (ARI)
۱۱۵	شاخص معادل هزینه اجتماعی (ESC)
۱۱۵	خلاصه نتایج ریسک مثال ۵-۲
۱۱۷	۱۳-۲. ارتباط بین ریسک جمعی و ریسک فردی

فصل سوم: ارزیابی ریسک نیمه کمی - آنالیز لایه های محافظ (LOPA)

۱۲۲	۱-۳. مقدمه
۱۲۲	۲-۳. آنالیز لایه‌های محافظ (LOPA)
۱۲۳	۳-۳. زمان استفاده از LOPA
۱۲۵	۴-۳. ترکیب تیم LOPA
۱۲۵	۵-۳. مزیت‌های LOPA
۱۲۶	۶-۳. اهداف انجام LOPA
۱۲۸	۷-۳. اصل اصلی: سر ریز شدن مخزن هگزان
۱۲۹	۸-۳. تخمین پیامد و شدت
۱۲۹	۱-۳. پیامدها: ذینفم
۱۳۰	۲-۸-۳. روش‌های ارزیابی پیامد در LOPA
۱۳۱	روش اول: روش ماتریس ریسک (بدون مرجع مستقیم برای آسیب انسان)
۱۳۳	روش دوم: تخمین کمی آسیب انسانی
۱۳۳	روش سوم: تخمین کیفی آسیب انسانی با محاسبه احتمال پیامدهای دیگر رهایش
۱۳۵	روش چهارم: برآورد کمی آسیب انسانی
۱۳۶	۳-۸-۳. ادامه مثال اصلی: سر ریز شدن مخزن هگزان
۱۳۶	۹-۳. ایجاد سناریو
۱۳۶	۱-۹-۳. اجزای سناریو LOPA
۱۴۰	۲-۹-۳. مشخص کردن سناریوها
۱۴۰	۳-۹-۳. منابع دیگر برای مشخص کردن سناریو LOPA
۱۴۱	۴-۹-۳. مستند سازی سناریو
۱۴۳	۵-۹-۳. ادامه مثال اصلی: سر ریز شدن مخزن هگزان
۱۴۵	۱۰-۳. تعیین فرکانس رویداد آغازگر
۱۴۵	۱-۱۰-۳. انواع رویداد آغازگر
۱۴۵	رویدادهای آغازگر خارجی
۱۴۵	رویدادهای آغازگر مرتبط با نقص تجهیزات
۱۴۶	رویدادهای آغازگر مرتبط با خطای انسانی
۱۴۶	۲-۱۰-۳. شرایط یا رویدادهای فعال کننده
۱۴۷	۳-۱۰-۳. نرخ شکست در LOPA
۱۴۸	۴-۱۰-۳. تعیین فرکانس رویداد آغازگر
۱۵۰	۵-۱۰-۳. زمان در معرض خطر
۱۵۰	۶-۱۰-۳. ادامه مثال اصلی: سر ریز شدن مخزن هگزان
۱۵۰	۱۱-۳. تعیین لایه‌های حفاظتی مستقل (IPLs)
۱۵۰	۱-۱۱-۳. تعریف و هدف IPL

۱۵۲	۳-۱۱-۲. دسته بندی حفاظ ها
۱۵۳	۳-۱۱-۳. انواع لایه های حفاظ
۱۵۳	طراحی فرآیند
۱۵۳	سیستم های کنترل فرآیند اصلی (BPCS)
۱۵۳	آلارم های بحرانی و مداخله انسان
۱۵۳	عملکرد ابزارهای دقیق ایمنی (SIF)
۱۵۴	حفاظت فیزیکی (شیر اطمینان، دیسک های انفجار و غیره)
۱۵۴	حفاظت فیزیکی قبل از رهایش (مانع ها، دیوارهای انفجار و غیره)
۱۵۴	راکن های اضطراری کارخانه
۱۵۴	واتش های اضطراری پرسنل
۱۵۴	۳-۱۱-۴. ابزارهای حفاظت
۱۵۵	۳-۱۱-۵. ارزیابی لایه حفاظ مستقل LOPA
۱۵۵	ارزیابی حفاظت IP
۱۵۶	مقدار PFD برای یک IP
۱۵۷	۳-۱۱-۶. انواع IPL
۱۵۷	لایه های محافظ مستقل غیر فعال (بسیار)
۱۵۸	لایه های محافظ مستقل فعال (کمتر)
۱۶۱	لایه های محافظ مستقل انسانی
۱۶۲	۳-۱۱-۷. ادامه مثال اصلی: سر ریز شدن مخزن هیدروژن
۱۶۵	۳-۱۲-۱۲. برآورد کمی فرکانس و ریسک سناریو (روش عددی)
۱۶۶	۳-۱۲-۱. محاسبه فرکانس سناریو
۱۶۶	۳-۱۲-۲. محاسبه احتمال پیامدهای اضافی سناریو
۱۶۹	۳-۱۲-۳. محاسبه ریسک سناریو
۱۶۹	۳-۱۲-۴. ادامه مثال اصلی: سر ریز شدن تانک هگزان-روش عددی
۱۷۳	۳-۱۳-۱. تصمیم گیری ریسک
۱۷۳	۳-۱۳-۱. معیار پذیرش ریسک
۱۷۴	۳-۱۳-۲. مقایسه ریسک محاسبه شده با معیار پذیرش ریسک سناریو
۱۷۴	۳-۱۳-۳. روش تصمیم گیری ریسک با ماتریس
۱۷۶	۳-۱۳-۴. ادامه مثال اصلی: سر ریز شدن تانک هگزان
	فصل چهارم: ارزیابی ریسک نیمه کمی - شاخص حریق و انفجار (DOW)
۱۷۸	۴-۱. مقدمه
۱۷۸	۴-۲. انتخاب واحدهای فرآیندی مهم از نظر خطر حریق و انفجار
۱۸۰	۴-۳. تعیین فاکتور مواد
۱۸۱	تصحیح دمایی فاکتور مواد

۱۸۲	۴-۴. محاسبه فاکتور خطرات عمومی و خاص فرآیند
۱۸۴	۴-۴-۱. محاسبه خطرات عمومی فرآیند
۱۸۴	واکنش‌های شیمیایی گرمازا
۱۸۴	واکنش‌های شیمیایی گرماگیر
۱۸۵	انتقال و جابجایی مواد
۱۸۵	واحدهای فرآیندی محصور یا داخل ساختمان
۱۸۶	دسترسی
۱۸۶	رهکشی و کنترل نشتی
۱۸۷	۴-۳. محاسبه خطرات خاص فرآیند
۱۸۷	مواد سمی
۱۸۷	فرار گازها و اتمسفر
۱۸۸	عملیات در نزدیک محدوده اشتعال مواد
۱۸۸	انفجار گرمازا
۱۸۹	فشار تخلیه
۱۹۰	دمای پایین
۱۹۱	مقدار مواد قابل اشتعال/ناپایدار
۱۹۴	خوردگی و فرسایش
۱۹۵	نشتی از اتصالات و آب بندها
۱۹۵	تجهیزات مشتعل
۱۹۶	سیستم مبدل گرمایی سیال داغ
۱۹۷	تجهیزات دوار
۱۹۷	۴-۵. تعیین فاکتور خطرات واحد فرآیند
۱۹۷	۴-۶. تعیین شاخص حریق و انفجار
۱۹۸	۴-۷. محاسبه فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان
۱۹۸	۴-۷-۱. کنترل فرآیند
۱۹۸	برق اضطراری
۱۹۸	سیستم‌های سرد کننده
۱۹۸	کنترل انفجار
۱۹۹	سیستم‌های توقف اضطراری عملیات
۱۹۹	کنترل‌های کامپیوتری
۱۹۹	گاز خنثی
۱۹۹	روش‌ها و دستورالعمل‌های عملیاتی
۲۰۱	بازنگری واکنش پذیری مواد
۲۰۱	تجزیه و تحلیل خطرات فرآیند

۲۰۱	۲-۷-۴. جداسازی مواد
۲۰۱	شیر جداسازی اضطراری
۲۰۱	تخلیه کردن / بیرون ریختن
۲۰۲	زهکشی و کنترل نشتی
۲۰۲	قفل خودکار
۲۰۳	۳-۷-۴. حفاظت حریق
۲۰۳	کاشف‌های حریق یا آشکارسازها
۲۰۳	دره‌های فلزی
۲۰۳	آب‌شنش نشانی
۲۰۴	سیستم‌های ویژه
۲۰۴	سیستم ابرریند حریق
۲۰۴	پرده‌های
۲۰۴	فوم
۲۰۴	خاموش کننده‌های دس / م‌نورها
۲۰۵	حفاظت کابل
۲۰۷	۸-۴. تعیین شعاع و ناحیه تماس با خطر حریق انفجار
۲۰۸	۹-۴. برآورد خسارت و تعیین سایر فاکتورهای تجزیه و تحلیل ریسک
۲۰۸	۱-۹-۴. تعیین ارزش جایگزینی تجهیزات
۲۰۹	۲-۹-۴. تعیین فاکتور خسارت
۲۰۹	۳-۹-۴. تعیین احتمال حداکثر خسارت پایه اموال
۲۰۹	۴-۹-۴. تعیین احتمال حداکثر خسارت واقعی اموال
۲۱۰	۵-۹-۴. تعیین محتمل ترین روزهای از دست رفته کاری
۲۱۱	۶-۹-۴. تعیین خسارت ناشی از توقف تولید
	پیوست ها
۲۱۴	پیوست اول: اختصار واژه‌های تخصصی
۲۱۷	پیوست دوم: منابع آمار و سوابق حوادث گذشته
۲۲۱	پیوست سوم: نتایج ارزیابی ریسک HAZOP برای قسمت مخزن هگزان
۲۲۴	پیوست چهارم: شماتیک مراحل انجام LOPA
۲۳۰	پیوست پنجم: جداول فاکتور مواد (MF)
۲۴۲	پیوست ششم: تعریف اصطلاحات تخصصی
۲۵۰	منابع

پیشگفتار

امروزه انجام مطالعات ارزیابی ریسک عددی و ارزیابی پیامد به همراه طراحی لایه‌های حفاظتی در برابر رویدادهای فاجعه آمیز جزء الزامات طراحی واحدهای فرآیندی است و بدون انجام چنین مطالعاتی نمی‌توان حاشیه ایمنی قابل قبول برای راه اندازی و عملیات واحدهای فرآیندی انتظار داشت، هر چند وقوع حوادثی مانند حادثه فلیکس بارو و حادثه بوپال در حدود ۴۰ سال پیش باعث وضع قوانین ایمنی و رشد چشمگیری در ارتقاء سطح ایمنی صنایع فرآیندی شد، اما وقوع آتش سوزی و انفجارهای مهیب در کارخانه کود شیمیایی تگزاس در اواسط ۲۰۱۳ منجر به بیش از ۱۶۰ نفر کشته و مجروح، تخریب قابل ملاحظه ساختمانهای مجاور و خساراتهای مالی سنگینی شد که به همراه بسیاری از حوادث مرگبار در اخیر، اهمیت و ضرورت انجام مطالعات ارزیابی ریسک عددی و جامع را بیش از پیش به منظور ایمن سازی صنایع فرآیندی متوجه متخصصان این حوزه می‌گرداند. در همین راستا نویسندگان این اثر تصمیم گرفتند تا گزارش این کتاب قدم کوچکی در این راستا بردارند.

روشهای متعددی برای انجام مطالعات ارزیابی ریسک در صنایع فرآیندی وجود دارد، اما تنها روشهای اندکی قادر به ارائه نتایج کمی و برآورد دقیق و مهندسی از ریسک مخاطرات این صنایع به منظور تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک می‌باشند.

هدف این کتاب معرفی بهترین روش‌های ارزیابی ریسک کمی و دو روش پرکاربرد و جدید ارزیابی ریسک نیمه کمی در صنایع فرآیندی است. این کتاب در چهار فصل نگارش شده است. فصل اول در مورد کلیات ارزیابی ریسک است و در فصل دوم، سوم و چهارم به ترتیب به تشریح روش ارزیابی ریسک کمی (QRA)، روش آنالیز لایه‌های محافظ (LOPA) و شاخص حریق و انفجار DOW پرداخته شده است. در نگارش این کتاب سعی شده از کتابهای رفرنس بسیار معتبر این حوزه که اغلب آنها جزء انتشارات انیستیتو مهندسی شیمی آمریکا (AIChE) و مرکز ایمنی صنایع شیمیایی (CCPS) است، استفاده گردد. در هر فصل به منظور تشریح شفاف اهداف آموزشی این کتاب و درک بهتر خوانندگان محترم، مثالهای کاربردی و واقعی متعددی بیان شده است.

این کتاب برای دانش آموختگان و دانشجویان مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مهندسی ایمنی، مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست و مهندسی شیمی و ... جهت اهداف ارزیابی ریسک، ارزیابی و مدل سازی پیامد و تعیین میزان عملکرد لایه‌های حفاظتی و ... می‌تواند بکار گرفته شود. همچنین این کتاب می‌تواند برای اهداف تدریس دانشگاهی، انجام پروژه‌های ارزیابی ریسک در صنایع مختلف نیز استفاده گردد.

اگر چه در نگارش این کتاب نهایت سعی برای رفع اشکالات بعمل آمده است، ولی به احتمال است در آن کاستی‌هایی وجود داشته باشد. لذا از همکاران، دانش پژوهان و اساتید محترم تقاضا داریم که کاستی‌های موجود را از جنبه‌های علمی یا نگارشی به نشانی الکترونیکی smlzareei65@gmail.com ارسال نمایند تا انشاءالله در چاپ‌های بعدی این نواقص برطرف گردد. امیدواریم این اثر ناچیز مورد رضایت خداوند و استفاده متخصصین کشور عزیزمان قرار گیرد.

نویسندگان