بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

**پایان نامه کارشناسی ارشد در (مهندسی شیمی-طراحی فرآیند)**

**عنوان:**

# ارزیابی ریسک در خطوط لوله بنزین


اساتیدراهنما:

**دکتر فرهاد شهرکی**

**دکتر داود محبی کلهری**

استاد مشاور:

**دکتر اسلام کاشی**

تحقیق و نگارش:

**طاهره نورمحمدی**



**(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)**


**آبان ۱۳۹۰**

## بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان **ارزیابی ریسک در خطوط لوله بنزین قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی** توسط دانشجو **طاهره نوروحمیدی** با راهنمایی استاد پایان نامه **دکتر فرهاد شهرکی-دکتر داوود مخبری** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

نام و امضاء دانشجو

طاهره نوروحمیدی

این پایان نامه در تاریخ ۹۵/۴/۲۵ مورد بررسی قرار گرفته و در تاریخ ۹۵/۴/۲۵ توسط هیئت داوران بررسی و در جلسه دفاعیه مورخ ..... به آن تعلق گرفت.

| | نام و نام خانوادگی | امضاء | تاریخ |
|---|---|---|---|
| استاد راهنما: | | | |
| استاد راهنما: | دکتر فرهاد شهرکی | | |
| استاد مشاور: | | | |
| داور ۱: | دکتر داوود مخبری | | |
| داور ۲: | دکتر مرتضی زکی وند | | |
| نماینده تحصیلات تکمیلی: | دکتر سید کاوه میری | | |

## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب طاهره نور محمدی تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: طاهره نور محمدی

امضاء

**تقدیم به:**

پدر و مادرم آنانکه آفتاب مهرشان در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

**تقدیم به:**

همسرم که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد

**تقدیم به خواهرم:**

که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

**تقدیم به برادرم:**

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودش مایه دلگرمی من می باشد.

## سپاس گزاری

در اینجا از زحمات استادان عزیزیم جناب آقای دکتر شهرکی و دکتر محبی تشکر می نمایم.
همچنین از جناب آقای دکتر اسلام کاشی که در این پروژه مرا یاری نمودند صمیمانه متشکرم. و در آخر از همکاری های جناب آقای مهندس قاسمی سپاسگزارم.

**چکیده:**

خطوط لوله مطمئن‌ترین و باصرفه‌ترین روش انتقال نفت خام و فرآورده‌های نفتی به اقصی نقاط دنیا می‌باشد. اگر خط لوله دچار حادثه شود می‌تواند فجایع اقتصادی و انسانی و محیط زیستی جبران‌ناپذیری بر جای بگذارد. آنالیز ریسک روشی متداول و مهم برای بررسی ریسک مربوط به عملیات حملونقل مواد خطرناک است.در این مطالعه ابتدا توضیحاتی راجع به ارزیابی ریسک داده شده است. بعد از آن به بررسی میزان حجم ریزش بنزین ناشی از پارگی کامل در خط لوله‌ای که از مناطق ناهموار عبور می‌کند پرداخته شده است. برای محاسبه حجم ریزشبرنامه‌ای به زبان متلب نوشته شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار PHAST Risk به بررسی سطح ریسک ناشی از پارگی کامل خط لوله و ریزش بنزین از آن پرداخته و مکان‌های پرخطر اطراف خط لوله مشخص شده است. ارزیابی ریسک در دو بخش A و B از خط لوله انجام شد. بخش A به شعاع ۲۲۵ متر و بخش B به شعاع ۳۵۰ متر اطراف خط لوله در ناحیه ریسک فردی بالا واقع شده است. که این محدوده‌ها باید خالی از سکنه باشد. در بخش A قسمتهایی از منحنی ریسک جمعی در قسمت ریسک بالا قرار گرفته. در صورتی که در بخش B منحنی ریسک جمعی در ناحیه ریسک متوسط واقع شده است. برای مدیریت ریسک توجه به منطقه A نسبت به منطقه B در اولویت است.

کلمات کلیدی: خط لوله- آنالیز ریسک- حجم ریزش- بنزین

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول: مقدمه** **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

**فصل دوم: مقدمه‌ای بر ارزیابی پیامد و ریسک در خطوط لوله** **۵**

۲-۱- **Error! Unknown switch argument.** ۶

۲-۲- **Error! Unknown switch argument.** ۶

۲-۳- معیارهای اندازه گیری ریسک ۶

۲-۳-۱- شاخص ریسک ۶

۲-۳-۲- شدت متوسط تلفات ۷

۲-۳-۳- ریسک شخصی ۷

۲-۳-۴- ریسک جمعی ۷

۲-۴- معیارهای ریسک فردی و جمعی ۸

۲-۴-۱- معیارهای ریسک فردی ۸

۲-۴-۲- معیارهای ریسک جمعی ۹

۲-۵- ارزیابی ریسک ۱۱

۲-۵-۱- شناسایی مخاطرات ۱۳

۲-۵-۱-۱- روشHAZOP ۱۴

۲-۵-۱-۲- مدل‌سازی پیامد ۱۶

۲-۵-۱-۳- انتخاب سناریو ۱۶

۲-۵-۱-۴- تحلیل شرایط ۱۷

۲-۵-۱-۵- مدل‌سازی پیامدهای ناشی از سناریوی مورد نظر ۱۷

۲-۵-۱-۶- تحلیل نتایج ۱۸
۲-۵-۲- محاسبه تکرارپذیری حوادث[۴] ۱۸
۲-۵-۲-۱- محاسبه تکرارپذیری حوادث به کمک سوابق موجود ۱۹
۲-۵-۲-۲- تحلیل درخت خطا ۲۰
۲-۵-۲-۳- تحلیل درخت رویداد ۲۱
۲-۵-۳- محاسبه ریسک ۲۲
۲-۵-۳-۱- منحنیF-N ۲۳
۲-۵-۳-۲- ماتریس ریسک ۲۴
۲-۵-۳-۳- معیارهای پذیرش ریسک ۲۵
۲-۶- **Error! Unknown switch argument.** ۲۶
۲-۷- نتیجه گیری ۲۸
**فصل سوم: رهایش مواد و آتش** **۳۹**
۳-۱- **Error! Unknown switch argument.** ۳۰
۳-۲- رهایش مواد در محیط ۳۰
۳-۳- مدل‌سازی تخلیه مواد ۳۳
۳-۴- عوامل موثر بر مدلسازی تخلیه مواد ۳۳
۳-۴-۱- فاز ماده تخلیه شده ۳۳
۳-۴-۲- اندازه نشتی ایجاد شده ۳۴
۳-۴-۳- مدت زمان نشتی ۳۵
۳-۴-۴- مسیر ترمودینامیکی و نقطه پایانی ۳۶
۳-۵- معادلات کاربردی در محاسبات شدت تخلیه ۳۶
۳-۵-۱- تخلیه مایع ۳۷
۳-۶- مدل‌سازی تبخیر ناگهانی و تبخیر از سطح حوضچه مایع ۳۸
۳-۶-۱- تبخیر ناگهانی ۳۸
۳-۶-۲- تبخیر از سطح حوضچه مایع ۳۹

۳-۷- مدل‌سازی انتشار مواد ۴۱

۳-۸- عوامل موثر در مدل‌سازی پخش مواد در محیط ۴۲

۳-۸-۱- -پایداری جو ۴۲

۳-۸-۲- سرعت باد ۴۵

۳-۸-۰۳-۳- نوع پوشش زمین ۴۵

۳-۸-۴- ارتفاع نقطه رهایش از سطح زمین ۴۵

۳-۸-۵- مومنتوم مواد رها شده ۴۵

۳-۸-۶- دمای محیط ۴۶

۳-۹- مدل های انتشار ۴۶

۳-۹-۱- مدل‌های پخش گازهای با شناوری مثبت و گازهای با شناوری خنثی ۴۶

۳-۱۰- مدل‌های پخش گازهای متراکم ۵۱

۳-۱۰-۱- مدلSLAB ۵۲

۳-۱۰-۲- مدلHGSYSTEM ۵۳

۳-۱۰-۳- مدلALOHA ۵۳

۳-۱۰-۴- مدل PHAST ۵۳

۳-۱۱- آتش ۵۴

۳-۱۲- اصطلاحات و تعاریف مربوط به آتش سوزی ۵۵

۳-۱۳- طبقه‌بندی انواع آتش ۵۶

۳-۱۴- پیامدهای تابش حرارتی ۶۱

**فصل چهارم: بنزین و مخاطرات آن** **۶۲**

۴-۱- مقدمه ۶۳

۴-۱-۱- بنزین ۶۳

۴-۱-۲- تاریخچه ۶۳

۴-۱-۳- تجزیه شیمیایی و محصول ۶۳

۴-۱-۴- فراریت ۶۵
۴-۱-۵- عدد اکتان ۶۵
۴-۱-۶- افزودنی‌ها (سرب) ۶۶
۴-۱-۷- ماهیت بخارها و گازهای متصاعد شده از بنزین ۶۶
۴-۱-۸- مکان های تولید و انتشار بخارهای سمی بنزین ۶۷
۴-۱-۹- اثرات خطرناک بخارهای بنزین ۶۷
۴-۲- مروری بر حوادث خطوط لوله انتقال بنزین ۶۸
۴-۳- نتیجه گیری ۶۹
**فصل پنجم: حجم ریزش ۷۰**
**Error! Unknown switch argument.** **Error! Unknown switch argument.** ۷۱
۵-۲- حجم ریزش ۷۱
۵-۲-۱- زمان کشف نشت ۷۱
۵-۲-۲- زمان بررسی و تحقیق ۷۱
۵-۳- محاسبه حجم ریزش ۷۲
۵-۳-۱- نرخ اولیه نشت ۷۳
۵-۳-۲- حجم ریزش بعد از ایزوله کردن ۷۳
۵-۴- نتایج محاسبه حجم ریزش بعد از ایزوله کردن ۷۶
۵-۴-۱- مشخصات خط لوله ۷۶
۵-۴-۲- نتایج محاسبه حجم ریزش ۷۹
**فصل ششم: ارزیابی ریسک در خط لوله و تحلیل نتایج آن ۸۲**
۶-۱- مقدمه ۸۳
۶-۲- نتایج حاصل از ارزیابی پیامد برای منطقه شهری بخش A ۸۴

۶-۲-۱- پارگی کامل به صورت افقی و برخورد با مانع در شرایط آب و هوایی اول (2F) ۸۴
۶-۲-۲- پارگی کامل به صورت افقی و برخورد با مانع در شرایط آب و هواییدوم (5D) ۸۶
**Error! Unknown switch argument.** پارگی کامل با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق در شرایط آب و هواییاول (2F) ۸۷
۶-۲-۴- پارگی کامل با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق در شرایط آب و هوایی دوم (5D) ۸۸
۶-۳- آنالیز ریسک در بخش اول (A) ۹۰
۶-۳-۱- فرضیات آنالیز ریسک در بخش اول ۹۰
۶-۳-۲- نتایج آنالیزریسک برای منطقه شهری یا بخش A) ۹۲
۶-۴- آنالیز ریسک در بخش دوم ( B) ۹۵
۶-۴-۱- فرضیات آنالیز ریسک در بخش دوم: ۹۵
۶-۴-۲- نتایج آنالیز ریسک بخش دوم ۹۶
**فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات** ۹۹
۷-۱- نتیجه گیری ۱۰۰
۷-۲- پیشنهادات ۱۰۰
مراجع **۱۰۱**
پیوست **۱۰۶**

## فهرست شکل ها


| عنوان شکل | صفحه |
|---|---|
| شکل ۱-۱-. عبورخط لوله از منطقه کوهستانی | ۳ |
| شکل ۲-۱ . نمودار ریسک جمعی هونگ کونگ | ۱۰ |
| شکل ۲-۲ . نمودار ریسک جمعی نیو ساوث ولز | ۱۰ |
| شکل ۲-۳ . نمودار ریسک جمعی ویکتوریا | ۱۱ |
| شکل ۲-۴ . نمودار ریسک جمعی سانتا باربارا | ۱۱ |
| شکل ۲-۵ . مراحل ارزیابی ریسک | ۱۳ |
| شکل ۲-۶ . مراحل انجام مطالعات شناسایی مخاطرات | ۱۵ |
| شکل ۲-۷ . ارتباط درخت رویداد، واقعه راس و درخت خطا | ۲۱ |
| شکل ۲-۸ . درخت رویداد مربوط به رهایش گاز | ۲۲ |
| شکل ۲-۹ . نواحی سه گانه در منحنی[1] | ۲۳ |
| شکل ۲-۱۰ . معیار ریسک و ناحیهALARP | ۲۶ |
| شکل ۳-۱ رهایش دائمی و رهایش ناگهانی مواد | ۳۰ |
| شکل ۳-۲. پروفایل غلظت در رهایش دائمی مواد | ۳۱ |
| شکل ۳-۳. پروفایل غلظت در رهایش ناگهانی مواد | ۳۱ |


[1]Fatility-Number

شکل ۳-۴. مراحل مدل سازی رهایش مواد در حالت مایع ۳۲
شکل ۳-۵. مراحل مدل سازی رهایش مواد در حالت مایع ۳۲
شکل ۳-۶. . رهایش گازهای با شناوری مثبت ۴۱
شکل ۳-۷. رهایش گازهای با شناوری منفی ۴۱
شکل ۳-۸. رهایش گازهای با شناوری خنثی ۴۲
شکل ۳-۹. نمای کلی پروفایل سه بعدی غلظت برای رهایش دائمی مواد ۵۱
شکل ۳-۱۰. مثلث آتش ۵۴
شکل ۳-۱۱. نمایی از آتش استخری ۵۸
شکل ۳-۱۲. جت آتش ۵۹
شکل ۳-۱۳. توپ آتش ۶۰
شکل ۴-۱. . نقص خط لوله در USA ۶۹
شکل ۵-۱. فایل DEM فراخوان شده به نرم افزارGlobal- mapper ۷۵
شکل ۵-۲. نمونه از پروفایل خط لوله که نقطه شکست را نشان می‌دهد ۷۵
شکل ۵-۳. پروفایل مسیر خط لوله، بخش A که از مرکز شهر عبور می‌کند ۷۸
شکل ۵-۴. پروفایلمسیر خط لوله، بخش B که از حاشیه یک شهر ییلاقی عبور می‌کند ۷۸
شکل ۵-۵. نمودار ارتفاع و حجم ریزش مربوط به خط لوله بخش A ۷۹
شکل ۵-۶. نمودار ارتفاع و حجم ریزش مربوط به خط لوله بخش B ۷۹
شکل ۶-۱ . تشعشع حرارتی ناشی از jet fire در شرایط آب و هوایی 2F ۸۵
شکل ۶-۲ . ناحیه تحت تاثیر LFL در شرایط آب و هوایی 2F ۸۵
شکل ۶-۳ . تشعشع حرارتی ناشی از jet fire در شرایط آب و هوایی5D ۸۶
شکل ۶-۴ . ناحیه تحت تاثیر LFL در شرایط آب و هوایی 5D ۸۶
شکل ۶-۵ . ناحیه تحت تاثیر LFL در شرایط آب و هوایی 2F ۸۷
شکل ۶-۶ . ناحیه تحت تاثیر LFL در شرایط آب و هوایی 2F ۸۷
شکل ۶-۷ . تشعشع حرارتی ناشی از jet fire در شرایط آب و هوایی5D ۸۸

شکل ۶-۹ . مسیر عبور خط لوله بخش A از مرکز شهر ۹۱
شکل ۶-۱۰ . نمودار ریسک جمعی برای بخش A ۹۳
شکل ۶-۱۱ . منحنی برش عرضی ریسک فردی ۹۳
شکل ۶-۱۲ . نمودارهای ریسک فردی ۹۴
شکل ۶-۱۳ . مسیر عبور خط لوله بخش B از حاشیه منطقه ییلاقی ۹۶
شکل ۶-۱۴ . نمودار ریسک جمعی برای بخش B ۹۷
شکل ۶-۱۵ . برش عرضی ریسک فردی برای بخش B ۹۷
شکل ۶-۱۶ . ریسک فردی ۹۸

فهرست جداول


| عنوان جدول | | صفحه |
|---|---|---|
| جدول ۲-۱ . | معیارهای ریسک فردی | ۸ |
| جدول ۲-۲ . | مناطق سه‌گانه در منحنی F-N | ۲۳ |
| جدول ۲-۳ . | ماتریس ریسک ارائه شده توسط شرکت DNV [ | ۲۴ |
| جدول ۳-۱ . | نمونه‌ای از حوادثی که در مدل‌های شدت تخلیه مدل‌سازی می‌شوند | ۳۵ |
| جدول ۳-۲ . | ابعاد مختلف نشتی برای استفاده در مدل‌های شدت تخلیه | ۳۵ |
| جدول ۳-۳ . | مدت زمان رهایش مواد در محیط بر اساس تجهیزات موجود در واحد | ۳۵ |
| جدول ۳-۴ . | مسیرهای ترمودینامیکی معمول در تخلیه مواد | ۳۶ |
| جدول ۳-۵ . | معیار پایداری پاسکوییل | ۴۴ |
| جدول ۳-۶ . | ارزیابی میزان تابش خورشید | ۴۴ |
| جدول ۳-۷ . | تأثیرات سطوح مختلف تابش حرارتی | ۶۱ |
| جدول ۵-۱ . | تقسیم بندی خط لوله | ۷۸ |
| جدول ۵-۲ . | اطلاعات فرآیندی خط لوله | ۸۰ |
| جدول ۶-۲. | درصد ترکیبات موجود در بنزین | ۸۴ |
| جدول ۶-۲. | سناریوهای انتخابی برای خط لوله بنزین ۱۶ اینچی مورد مطالعه | ۸۴ |
| جدول ۶-۳. | نتایج ارزیابی پیامد برای بخش A | ۸۹ |
| جدول ۶-۴. | فرضیات جمعیتی و فرضیات وجود جرقه و تکرار پذیری در بخش A | ۹۱ |
| جدول ۶-۵. | فرضیات جمعیتی و فرضیات وجود جرقه و تکرارپذیری در بخش **B** | ۹۵ |

فهرست علائم

| علامت | نشانه |
|---|---|
| A | مساحت شکاف ایجاد شده(m2) |
| A | سطح مقطع سوراخ(m2) |
| $C_P$ | ظرفیت گرمایی مایع (kj/kg.k) |
| $F$ | فراوانی و تکرارپذیری حادثه |
| $f_v$ | کسر مایع تبخیر شده |
| G | شتاب گرانشی($m/s^2$) |
| $g_c$ | ثابت گرانشی زمین ($N.s^2/kg.m$) |
| H | فلاکس حرارتی ورودی به حوضچه ($kW/m^2$) |
| H | فلاکس حرارتی ($\frac{J}{m^2}$) |
| $h_{fg}$ | گرمای نهان تبخیر(kj/ kg) |
| $H_r$ | ارتفاع محل رهایش ($m$) |
| | ارتفاع مایع موجود در بالای شکاف ایجاد شده در مخزن(m) |
| $k$ | ثابت Von Karman که مقدارش ۰/۴۱ است |
| $K_j$ | نفوذ گردابی |
| $k_f$ | ضریب افت |
| $K_s$ | هدایت حرارتی خاک (kj/m.s.k) |
| $L$ | ارتفاع Monin-Obukhov (m) |
| $L_{25}$ | حد پایین اشتعال‌پذیری در دمای $25^{\circ}C$ |
| $LFL_i$ | حد پایین اشتعال‌پذیری جزء i ام در مخلوط |
| $LFL_{mix}$ | حد پایین اشتعال‌پذیری مخلوط |
| $L_t$ | حد پایین اشتعال‌پذیری در دمای T |
| $\dot{m}$ | دبی (kg/s) |

| | |
|---|---|
| $P$ | فشار مواد |
| $p$ | احتمال رخداد یک حادثه |
| $Q$ | گرمای مبادله شده(j) |
| $Q_{AF}$ | دبی حجمی مایع خروجی پس از تبخیر ناگهانی($m^3/s$) |
| $Q_d$ | نرخ تخلیه مایع ($m^3/s$) |
| $q_g$ | فلاکس حرارتی ($kw/m^2$) |
| $Q_m$ | دبی مواد تخلیه شده به محیط |
| R | شعاع حوضچه(m) |
| $t$ | زمان(s) |
| T | دمای جوش نرمال(K) |
| $T_b$ | دمای محیط(K) |
| $T_g$ | دمای خاک(k) |
| $u$ | سرعت باد(m/s) |
| $\dot{u}$ | سرعت اصطکاک که به طور تجربی به‌دست می آید.(m/s) |
| U | سرعت باد(m/s) |
| | سرعت اصطکاک(m/s) |
| | مقدار متوسط سرعت در سه جهت (m/s) x,y,z |
| | میزان انحراف سرعت از سرعت متوسط(m/s) |
| $[u']$ | مقدار متوسط میزان انحراف سرعت از سرعت متوسط(m/s) |
| $U_{25}$ | حد بالای اشتعال‌پذیری در دمای $25\ ^{\circ}C$ |
| $UFL_i$ | حد بالای اشتعال‌پذیری جزء i ام در مخلوط |
| $UFL_{mix}$ | حد بالای اشتعال‌پذیری مخلوط |
| $U_t$ | حد بالای اشتعال‌پذیری در دمای T |
| V | سرعت سیال (m/s) |

| | |
|---|---|
| $W_s$ | کار محوری (J) |
| $Y_i$ | کسر مولی عنصر i ام در مخلوط |
| $Z$ | ارتفاع سیال(m) |
| $z$ | ارتفاع(m) |
| $z^0$ | طول متوسط ناهمواری‌های سطح زمین(m) |
| $\alpha_s$ | ضریب نفوذ حرارتی خاک($m^2/s$) |
| | زاویه بین لبه حوضچه مایع و خط عمود بر سطح زمین (degrees) |
| $\mu$ | ویسکوزیته مایع(kg/m.s) |
| $\rho$ | چگالی مواد ($kg/m^3$) |
| $\sigma_x$ | ضریب انتشار در جهت x (m) |
| $\sigma_y$ | ضریب انتشار در جهت y |
| $\sigma_z$ | ضریب انتشار در جهت z |
| $\Delta H_c$ | حرارت احتراق (Kcal/Mole) |
| $\Delta H$ | تغییرات آنتالپی ماده(j) |
| $\Delta KE$ | تغییرات انرژی جنبشی ماده(j) |
| $\Delta PE$ | تغییرات انرژی پتانسیل ماده(j) |
| $\Delta p$ | فشار برای نشت (pa) |

# فصل اول

# مقدمه