

ارزیابی تاثیر بلایای طبیعی بر مخازن فرآورده های نفتی شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی با استفاده از روش AHP

ناهید فتحی^{۱*}، امین آزاد وار^۲

۱- مدیر HSE شرکت تولید لوله و پوشش لوله سلفچگان و N.FATHI@SPPC.IR

۲- مدیر HSE شرکت پخش فرآورده های نفتی و AMIN.AZADVAR@GMAIL.COM

خلاصه :

ایران به عنوان یکی از ۱۰ کشور بلاخیز جهان با تنوع بالای بلایای طبیعی مواجه است که احتمال وقوع بیش از ۳۱ نوع بحران در آن وجود دارد. این پژوهش با هدف بررسی پیامد بلایای طبیعی بر مخازن ذخیره فرآورده های نفتی در منطقه اهواز انجام شد. با استفاده از روش های دلفی و AHP و نظرات ۶ کارشناس متخصص، بحران های طبیعی بر اساس اهمیت و تاثیر بر مخازن رتبه بندی شدند. نتایج نشان دادند که صاعقه با بیشترین وزن، مهم ترین بحران است و در هنگام بروز بلایا، حریق ریم سیل (در صاعقه)، حریق سد بند (در گرمای شدید) و نشت شدید (در طوفان، سیل و زمین لرزه) بیشترین خطر را ایجاد می کنند.

کلمات کلیدی: بلایای طبیعی، مخازن ذخیره، فرآورده های نفتی، صاعقه، زمین لرزه، تندباد، گرمای شدید، سیل، روش دلفی، تحلیل سلسله مراتبی، (AHP) ارزیابی ریسک، منطقه اهواز

۱. مقدمه :

فعالیت های صنعتی حساس و خطرناک مانند پالایش نفت، گاز و تولید انرژی هسته ای، در معرض تهدید بلایای طبیعی قرار دارند که می توانند منجر به خسارات جبران ناپذیر شوند [۲]. مخازن ذخیره سازی مواد نفتی و شیمیایی به عنوان بخش های حیاتی صنایع فرآیندی، به دلیل نگهداری مواد قابل اشتعال و خطرناک، آسیب پذیری ویژه ای در برابر این بلایا دارند [۳]. مخاطرات طبیعی- فناوری (ناتک) شامل حوادثی هستند که در اثر بلایای طبیعی یا عوامل کم اهمیت مانند ردوبرق و باران ایجاد می شوند و می توانند خسارات گسترده ای به زیرساخت های حیاتی وارد کنند [۴،۵،۶،۷].

در ایران، به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص، ۳۴ نوع بلای طبیعی شناسایی شده است که از میان آن ها، زلزله، سیل، طوفان و صاعقه مهم ترین ها محسوب می شوند [۸]. بلایای طبیعی با تأثیرات جبران ناپذیر بر ایمنی و اقتصاد جوامع، سالانه منجر به مرگ و میر و خسارات مالی گسترده ای می شوند [۹،۱۰،۱۱،۱۲].

مطالعات متعددی نقش بلایای طبیعی مانند صاعقه و زلزله را در وقوع حوادث ناگوار مخازن ذخیره نفتی تأیید کرده‌اند؛ به‌طور مثال، صاعقه عامل بیش از ۳۱٪ حوادث آتش‌سوزی مخازن است [۱۳، ۱۵] و زلزله می‌تواند باعث ترک‌خوردگی مخازن و نشت مواد قابل اشتعال شود [۱۴]. همچنین، طوفان‌ها خسارات جدی به تولید نفت و گاز وارد کرده و باعث نشت گسترده مواد شیمیایی خطرناک شده‌اند ۱۷، ۱۸، ۱۹.

وقایع اخیر مانند سونامی توهوکو در ژاپن و طوفان هاروی، نشان‌دهنده آسیب‌پذیری شدید مخازن ذخیره در برابر بلایای طبیعی و لزوم به‌کارگیری مدل‌های دقیق برای ارزیابی و مدیریت ریسک در این حوزه است [۲۰، ۲۱، ۲۲].

۲. روش تحقیق

بلایای طبیعی همواره به جوامع انسانی خسارات جانی و مالی قابل توجهی وارد کرده‌اند؛ به طوری که در مطالعه‌ای در چین، خسارات مستقیم اقتصادی ناشی از بلایای طبیعی طی ۳۰ سال معادل ۰.۷ تا ۵.۶ درصد تولید ناخالص داخلی سالانه برآورد شده است [۲۳]. از آنجا که هیچ منطقه‌ای در جهان از بحران‌ها مصون نیست، مدیریت و کاهش اثرات این حوادث ضروری است. راهبردهای مدیریت مخاطرات شامل دو رویکرد فعال و واکنشی است؛ رویکرد فعال با تمرکز بر پیشگیری، برنامه‌ریزی کاربری زمین و محدودسازی فعالیت‌های انسانی در مناطق پرخطر، و رویکرد واکنشی با تمرکز بر اقدامات پس از وقوع حادثه مانند جستجو، نجات و بازسازی [۲۴].

مدیریت بحران مستلزم شناسایی دقیق و جامع خطرات و ارزیابی سناریوهای احتمالی است، که با استفاده از سیستم‌های مدیریت بحران کارآمد می‌توان از گسترش خسارات و تلفات پیشگیری کرد.

۲.۱ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

AHP که توسط ساعتی معرفی شده، روشی کمی و ساختارمند برای حل مسائل چندمعیاره و چند عاملی است [۲۵]. این روش به صورت سلسله‌مراتبی از اهداف کلان سازمان آغاز شده و به تدریج معیارها و گزینه‌ها را شناسایی و ارزیابی می‌کند. اساس AHP بر مقایسات زوجی و تعیین اهمیت نسبی گزینه‌ها استوار است که به تصمیم‌گیری دقیق‌تر و تحلیل حساسیت کمک می‌کند [۲۶، ۲۷].

۲.۲ مروری تخصصی بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و طراحی پرسش‌نامه

روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از پرکاربردترین رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است که بر پایه قضاوت خبرگان و مقایسات زوجی طراحی شده است. در این روش، معیارها و گزینه‌ها به صورت سلسله‌مراتبی ساختاردهی می‌شوند و از طریق مقایسه زوجی میان عوامل، وزن نسبی و اولویت آن‌ها تعیین می‌شود [۲۸]. یکی از مزایای کلیدی این روش، امکان بررسی سازگاری قضاوت‌ها است، که اعتبار نتایج نهایی را افزایش می‌دهد.

با افزایش تعداد گزینه‌ها یا معیارها، مقایسات زوجی ممکن است پیچیده شود؛ به همین دلیل، مدل‌های AHP اغلب به صورت سلسله‌مراتبی شامل هدف، معیار، زیرمعیار و گزینه تعریف می‌شوند [۲۹].

در این پژوهش، هدف ارزیابی پیامد بلایای طبیعی بر عملکرد و ایمنی مخازن ذخیره فرآورده های نفتی در منطقه اهواز بوده است. بر همین اساس، در جلسه ای با حضور مدیریت HSE شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی اهواز، پنج نوع بلای طبیعی به عنوان معیارهای اصلی انتخاب گردید:

- صاعقه
- زمین لرزه
- طوفان
- سیل
- گرمای شدید

برای ارزیابی این معیارها از نظر تأثیر بر حوادث و ریسک های مخازن، پرسش نامه ای طراحی شد تا توسط خبرگان حوزه HSE، مهندسی، بازرسی و عملیات تکمیل گردد. هدف از این پرسش نامه، کسب داده های تخصصی جهت تحلیل در نرم افزار Expert Choice و محاسبه وزن نسبی هر یک از مخاطرات انتخابی در قالب روش AHP است.

سرکار خاتم / جناب آقای

با سلام

احتراماً، این پرسش نامه در راستای انجام پژوهش کارشناسی ارشد با عنوان "بررسی اثر بلایای طبیعی بر مخازن ذخیره فرآورده های نفتی" تهیه شده است.

لذا با عنایت به تجارب جنابعالی و همچنین سابقه کار در شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران، مستدعی است با تکمیل پرسش نامه ذیل اینجانب را در انجام پروژه یاری نمایید.

مشخصات صاحب نظر:

جنسیت: ☐ زن ☐ مرد

رشته تحصیلی:

میزان تحصیلات: ☐ لیسانس ☐ فوق لیسانس ☐ دکتری ☐ سایر

سمت:

سن: سابقه کار در شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی: سال

راهنمای تکمیل پرسشنامه:

لطفاً به سوالات زیر پرسشنامه با توجه به تعریف هر مثال ذکر شده پاسخ دهید.

درجه اهمیت بر اساس مشکلات زیرمجموعه					
ترجمه استاندارد	کمترین اهمیت	بیشتر اهمیت	بسیار اهمیت	بسیار اهمیت	بسیار اهمیت
۱	۳	۵	۷	۹	۱۰

● تعداد ۱-۱۰: ارزش‌های پایین را نشان می‌دهد، به عنوان مثال: به نظر نمی‌رسد که این مشکل به اندازه ۱۰ است.

در مشکلات زیرمجموعه هنگام مقایسه دو مثال، در صورتی که ترجمه مورد سست چپ (مثلاً ۸) باشد، در یکی از خطاهای واقع در سست چپ محسوب می‌شود. در صورتی که ترجمه مورد سست راست (مثلاً ۱۰) باشد، در یکی از خطاهای سست راست محسوب می‌شود. به میزان اهمیت ذکر شده در جدول فوق، تفاوت‌گذاری خواهیم کرد.

مورد ۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

۲-۳: معرفی معیار ها:

- ✓ منطقه
- ✓ زمین آلوده
- ✓ طوفان
- ✓ سیل
- ✓ گرمای شدید

بخش ۳-۲ (تشریح گزینه‌ها):

در مخازن ذخیره فرآورده‌های نفتی، انواع مختلفی از حریق‌ها رخ می‌دهد که از نظر شدت و منشأ با هم تفاوت دارند. سه نوع حریق اصلی عبارتند از:

۲.۳.۱ حریق‌های سد بند (Bund Fire) ناشی از نشت مخزن یا لوله‌کشی است که اغلب به علت خطای اپراتور یا نقص تجهیزات رخ می‌دهد. این حریق‌ها ممکن است در مخازن با سقف مخروطی ثابت، سقف شناور داخلی و خارجی، و سقف گنبدی دیده شوند. در صورت نشت بدون اشتعال، باید منابع اشتعال ایزوله شوند و اگر حریق گسترده شود، مقابله جدی لازم است.

۲.۳.۲ حریق‌های ونت (Vent Fire) معمولاً در مخازن سقف ثابت (مانند سقف مخروطی یا سقف شناور داخلی) رخ می‌دهد. علت شایع آن، برخورد صاعقه است که بخارات فرار موجود در ونت را مشتعل می‌کند. این نوع حریق معمولاً شدت کمتری دارد و با استفاده از خاموش‌کننده پودر خشک قابل کنترل است.

۲.۳.۳ حریق‌های ریم سیل (Rim Seal Fire) بیشتر در مخازن سقف شناور خارجی رخ می‌دهند ولی ممکن است در مخازن سقف شناور داخلی یا گنبدی نیز ایجاد شوند. این حریق‌ها ممکن است ناشی از تخلیه بار الکتریکی القایی بدون برخورد مستقیم رعد و برق باشند. اطفای آن‌ها معمولاً موفقیت‌آمیز است، اما در مخازن سقف شناور داخلی که سیستم‌های اطفای ثابت ندارند، دسترسی به محل حریق دشوارتر است.

۳.۳.۴ انفجار: طبق مطالعه چانگ روی حوادث مخازن نفتی (۱۹۶۰-۲۰۰۳)، انفجار با ۶۱ مورد شایع‌ترین عامل حادثه بوده و همراه با حریق، حدود ۸۵٪ از حوادث را تشکیل می‌دهد. نشت نفت و انتشار مواد سمی نیز سومین عامل مهم حوادث مخازن است.

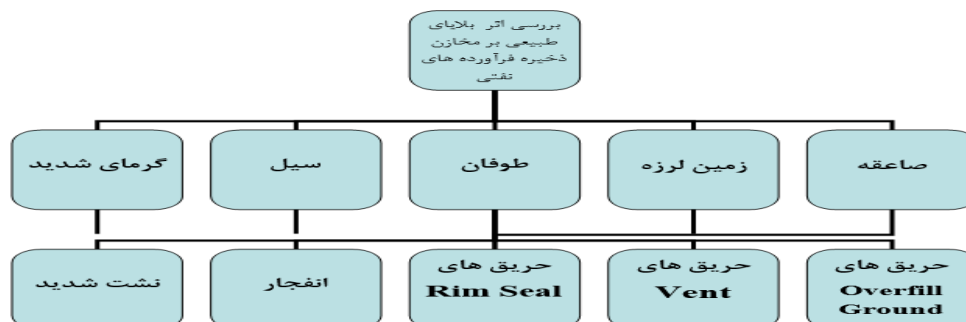
سال	آتش سوزی	انفجار	ریزش	نشت گازهای سمی	متفرقه	جمع کل
۱۹۶۰ - ۱۹۶۹	۸	۸	۰	۰	۱	۱۷
۱۹۷۰ - ۱۹۷۹	۲۶	۵	۵	۰		۳۶
۱۹۸۰ - ۱۹۸۹	۳۱	۱۶	۱۶	۲	۱	۵۳
۱۹۹۰ - ۱۹۹۹	۵۹	۲۲	۲۲	۱	۱	۸۵
۲۰۰۰ - ۲۰۰۳	۲۱	۱۰	۱۰	۱۰	۲	۵۱
جمع	۱۴۵	۶۱	۶۱	۱۳	۵	۲۴۲

شکل شماره ۱: آمار حوادث مخازن ذخیره سازی در تاسیسات نفتی [15]

۲.۳.۵ نشت شدید در مخازن ذخیره نفت و مواد شیمیایی:

مخازن ذخیره از اجزای حیاتی در فرآورش، انتقال و ذخیره سازی مواد شیمیایی و فرآورده های نفتی هستند. نشت مواد از این مخازن از دو جنبه اقتصادی و زیست محیطی اهمیت دارد. از منظر اقتصادی، نشت موجب هدررفت محصولات با ارزش افزوده بالا شده و علاوه بر هزینه های تولید، هزینه های بالایی برای پاکسازی محیط زیست به دنبال دارد. از جنبه زیست محیطی، نشت باعث آلودگی خاک و آب های زیرزمینی شده و بهره برداری مجدد از این مناطق را با محدودیت هایی مواجه می سازد (میرزانی، ۱۳۸۲) [۳۰].

۳: ساخت درخت سلسله مراتبی :



شکل شماره ۲: ساخت درخت سلسله مراتبی

۳.۱: مقایسه معیار های اصلی

جدول شماره ۱: مقایسه معیارهای اصلی

به نظر شما کدامیک از معیارهای اصلی زیر نسبت به یکدیگر ارجحیت بیشتری دارند؟ و به چه میزان؟

معیار A	۹	۷	۵	۳	۱	۳	۵	۷	۹	معیار B
صاعقه										زمین لرزه
صاعقه										طوفان
صاعقه										سیل
صاعقه										گرمای شدید
زمین لرزه								1		طوفان
زمین لرزه										سیل
زمین لرزه										گرمای شدید
طوفان										سیل
طوفان										گرمای شدید
سیل										گرمای شدید

۳.۲: مقایسه معیار صاعقه در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی

جدول شماره ۲: مقایسه گزینه ها با توجه به تاثیر معیار صاعقه در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی

به نظر شما در صورت وقوع صاعقه در محل نصب مخازن ذخیره فرآورده های نفتی، احتمال وقوع کدامیک از حوادث زیر ارجحیت بیشتری دارد؟ و به چه میزان؟

معیار A	۹	۷	۵	۳	۱	۳	۵	۷	۹	معیار B
حریق Overfill Ground										حریق Vent
حریق Overfill Ground										حریق Rim Seal
حریق Overfill Ground										انفجار
حریق Overfill Ground										نشت شدید
حریق Vent										حریق Rim Seal
حریق Vent										انفجار
حریق Vent										نشت شدید
حریق Rim Seal										انفجار
حریق Rim Seal										نشت شدید
انفجار										نشت شدید

۳.۳: مقایسه معیار زمین لرزه در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی

جدول شماره ۳: مقایسه گزینه ها با توجه به تاثیر معیار زمین لرزه در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی
به نظر شما در صورت وقوع زمین لرزه در محل نصب مخازن ذخیره فرآورده های نفتی، احتمال وقوع کدامیک از حوادث زیر ارجحیت بیشتری دارد؟ و به چه میزان؟

معیار A	۹	۷	۵	۳	۱	۳	۵	۷	۹	معیار B
حریق Overfill Ground										حریق Vent
حریق Overfill Ground										حریق Rim Seal
حریق Overfill Ground										انفجار
حریق Overfill Ground										نشت شدید
حریق Vent										حریق Rim Seal
حریق Vent										انفجار
حریق Vent										نشت شدید
حریق Rim Seal										انفجار
حریق Rim Seal										نشت شدید
انفجار										نشت شدید

۳.۴: مقایسه معیار طوفان در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی

جدول شماره ۴: مقایسه گزینه ها با توجه به تاثیر معیار طوفان در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی
به نظر شما در صورت وقوع طوفان در محل نصب مخازن ذخیره فرآورده های نفتی، احتمال وقوع کدامیک از حوادث زیر ارجحیت بیشتری دارد؟ و به چه میزان؟

معیار A	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	معیار B
خروج Overfill Ground											خروج Vent
خروج Overfill Ground											خروج Rim Seal
خروج Overfill Ground											انتشار
خروج Overfill Ground											نشت شدید
خروج Vent											خروج Rim Seal
خروج Vent											انتشار
خروج Vent											نشت شدید
خروج Rim Seal											انتشار
خروج Rim Seal											نشت شدید
انتشار											نشت شدید

۳.۵: مقایسه معیار زمین لرزه در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی

جدول شماره ۵: مقایسه گزینه ها با توجه به تاثیر معیار سیل در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی
به نظر شما در صورت وقوع سیل در محل نصب مخازن ذخیره فرآورده های نفتی، احتمال وقوع کدامیک از حوادث زیر ارجحیت بیشتری دارد؟ و به چه میزان؟

معیار A	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	معیار B
خروج Overfill Ground											خروج Vent
خروج Overfill Ground											خروج Rim Seal
خروج Overfill Ground											انتشار
خروج Overfill Ground											نشت شدید
خروج Vent											خروج Rim Seal
خروج Vent											انتشار
خروج Vent											نشت شدید
خروج Rim Seal											انتشار
خروج Rim Seal											نشت شدید
انتشار											نشت شدید

۳.۶: مقایسه معیار گرمای شدید در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی

جدول شماره ۶: مقایسه گزینه ها با توجه به تاثیر معیار گرمای شدید در حوادث مخازن ذخیره فرآورده های نفتی
دارد؟ و به چه میزان؟

معیار A	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	معیار B
خروج Overfill Ground											خروج Vent
خروج Overfill Ground											خروج Rim Seal
خروج Overfill Ground											انتشار
خروج Overfill Ground											نشت شدید
خروج Vent											خروج Rim Seal
خروج Vent											انتشار
خروج Vent											نشت شدید
خروج Rim Seal											انتشار
خروج Rim Seal											نشت شدید
انتشار											نشت شدید

پرسشنامه مورد استفاده برای تحلیل های سلسه مراتبی و تصمیم گیری به پرسش نامه خبره موسوم است. پرسشنامه خبره خیلی چیز پیچیده ای نیست ولیکن دقت و داشتن الگوی مناسب را طلب می کند. برای تهیه پرسش نامه خبره از مقایسه زوجی گزینه ها استفاده می شود. همان طور که پیش تر نشان داده شد، پرسش نامه استفاده شده در این پژوهش در ۴ صفحه و به شرح ذیل تهیه گردید:

صفحه ۱: مشخصات فردی و شغلی خبرگان و راهنمای تکمیل پرسش نامه

صفحه ۲: توضیحات تکمیلی: معرفی معیارها و گزینه ها

صفحات ۳، ۴: مقایسه زوجی معیارها و گزینه ها

پس از تهیه پرسش نامه به منظور بررسی آیتم های لحاظ شده در آن، مراتب به اطلاع مدیر HSE منطقه رسانده شد و ایشان پس از بررسی پرسش نامه و اعلام تاییدیه نهایی، رییس ایمنی آتش نشانی جهت انجام امور پرسش نامه به ما معرفی کردند.

با راهنمایی رییس HSE، ۶ نفر خبره در نظر گرفته شد که مشخصات شغلی افراد به قرار ذیل می باشد :

ردیف	سمت	رشته تحصیلی	سن	سابقه کار در شرکت ملی پخش
۱	افسر ایمنی و آتش نشانی	ایمنی صنعتی	۴۳	۲۰ سال
۲	رئیس ایمنی و آتش نشانی	دیپلم	۵۶	۳۵ سال
۳	افسر ایمنی و آتش نشانی	عمران	۴۱	۱۸ سال
۴	رئیس HSE	مهندسی صنایع گرایش ایمنی صنعتی	۳۶	۹ سال
۵	نماینده HSE پیمانکار	مهندسی ایمنی صنعتی	۴۳	۶ سال
۶	مهندس تعمیرات و نگهداشت مکانیک	مهندسی مکانیک	۴۶	۱۸ سال

جدول شماره ۷: معرفی خبرگان

۳.۷: خروجی نرم افزار شامل تجزیه و تحلیل مقایسه های زوجی و نتایج پرسشنامه ها

در این بخش به تجزیه و تحلیل داده های حاصل از مقایسات زوجی انجام شده در پرسشنامه ها می پردازیم. برای تحلیل داده ها و استخراج نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارها و گزینه ها از نرم افزار اکسپرت چویس* نسخه ۱۱ استفاده شده است.

قبل از پرداختن به نتایج تحلیل سلسله مراتبی، طرح سلسله مراتبی متشکل از شاخص ها، زیر شاخص ها و گزینه ها را بیان می کنیم. با تنظیم ماتریس مقایسات، هر کدام از شاخص ها و همچنین هر کدام از گزینه ها، به صورت دو به دو (زوجی) در معرض قضاوت ۶ نفر از خبرگان این موضوع قرار گرفته است. قابل ذکر است که نرم افزار از نظرات ۶ خبره میانگین هندسی گرفته مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یک روش تصمیم گیری چند معیاره[†] است که به تصمیم گیرندگان کمک می کند تا با یک مشکل پیچیده با چندین معیار متناقض و ذهنی (مانند مکان یا سرمایه گذاری انتخاب، رتبه بندی پروژه ها و غیره). چندین روش توسعه داده شده است (به عنوان مثال ELECTRE، MacBeth، SMART، PROMETHEE، UTA، ... ببینید [31,32] و همه بر اساس چهار مرحله هستند: مدل سازی مسئله، وزن ها ارزیابی، تجمع وزن و تجزیه و تحلیل حساسیت. در قسمت های بعدی به بررسی خواهیم پرداخت این چهار مرحله مورد طرح سلسله مراتبی در این تحقیق به قرار زیر است:

۳.۸: محاسبه وزن و انتخاب ارجح ترین شاخص اصلی

با توجه به امتیاز دهی به مقایسه بین چهار شاخص اصلی، که عددی از ۱ تا ۹ اختیار می کند، با توجه به خروجی نرم افزار اکسپرت چویس، ماتریس مقایسات زوجی معیار های اصلی به شرح زیر بدست آمده است (نرخ ناسازگاری ۰.۹۰):

۳.۸.۱: تعیین ارجحیت شاخص های اصلی

* Expert Choice

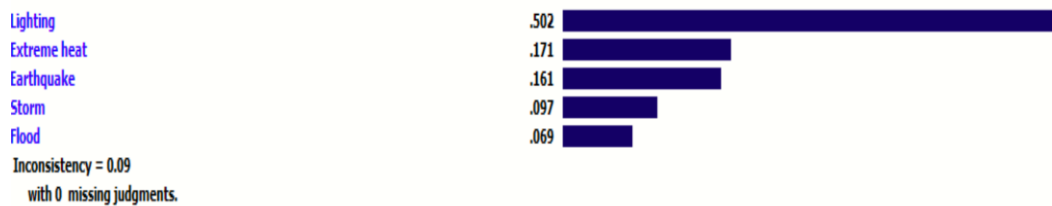
† MCDM

	Lighting	Earthquake	Storm	Flood	Extreme heat
Lighting		6.09028	5.25953	4.02508	2.49805
Earthquake			2.84027	3.45502	1.57042
Storm				2.5099	1.72394
Flood					1.86194
Extreme heat	Incon: 0.09				

جدول شماره ۸ : ماتریس مقایسات زوجی معیار های اصلی

اعداد جدول فوق نشان دهنده اولویت شاخص سطر نسبت به شاخص ستون مربوطه است. اعداد به رنگ قرمز وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نشان می دهند.

نمودار زیر رتبه بندی و ارزش وزنی تعیین شده شاخص ها را نشان می دهد



نمودار شماره ۱: ارزش وزنی شاخص های اصلی

بنابراین، شاخص های اصلی به لحاظ ارجحیت (اهمیت) به قرار زیر می باشند:

رتبه	نام شاخص	ارزش وزنی
۱	شاخص صاعقه	۰/۵۰۲
۲	شاخص گرمای شدید	۰/۱۷۱
۳	شاخص زمین لرزه	۰/۱۶۱
۴	شاخص طوفان	۰/۰۹۷
۵	شاخص سیل	۰/۰۶۹

جدول شماره ۹: ارجحیت شاخص های اصلی

۳.۸.۲: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص صاعقه :

	Overfill Ground Fire	Vent Fire	Rim Seal Fire	Explosion	Severe Leakage
Overfill Ground Fire		2.5423	3.2666	2.29417	1.27449
Vent Fire			3.1326	1.08887	1.80861
Rim Seal Fire				1.57781	3.01824
Explosion					1.2849
Severe Leakage	Incon: 0.02				

جدول شماره ۲: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص صاعقه

نتیجه مقایسه گزینه ها با توجه به شاخص "صاعقه"

نتیجه مقایسه گزینه ها با در نظر گرفتن شاخص فوق به قرار زیر است:

Rim Seal Fire
Explosion
Vent Fire
Severe Leakage
Overfill Ground Fire
Inconsistency = 0.02



نمودار شماره ۲: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص صاعقه

همانگونه که ملاحظه می شود در صورت بروز صاعقه، بروز حادثه حریق از ناحیه ریم سیل مخازن بیشترین احتمال را دارد.

۳.۸.۳: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص گرمای شدید

	Overfill Ground Fire	Vent Fire	Rim Seal Fire	Explosion	Severe Leakage
Overfill Ground Fire		2.84027	1.02948	1.04278	1.59287
Vent Fire			1.25402	1.80861	2.14719
Rim Seal Fire				2.65468	4.34728
Explosion					1.10292
Severe Leakage	Incon: 0.04				

جدول شماره 11: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص گرمای شدید

نتیجه مقایسه گزینه ها با توجه به شاخص "گرمای شدید"

نتیجه مقایسه گزینه ها با در نظر گرفتن شاخص فوق به قرار زیر است:

Overfill Ground Fire
Vent Fire
Rim Seal Fire
Explosion
Severe Leakage
Inconsistency = 0.04



نمودار شماره ۳: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص گرمای شدید

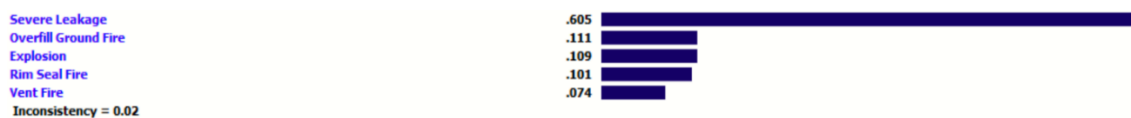
طبق نمودار در صورت بروز گرمای شدید، بروز حادثه حریق ناشی از سر ریز مخازن بیشترین احتمال را دارد.

۳.۸.۴: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص زمین لرزه:

	Overfill Ground Fire	Vent Fire	Rim Seal Fire	Explosion	Severe Leakage
Overfill Ground Fire		1.73205	1.4678	1.17759	6.90135
Vent Fire			1.4678	1.79634	5.58581
Rim Seal Fire				1.15795	5.908
Explosion					6.43303
Severe Leakage	Incon: 0.02				

نتیجه مقایسه گزینه ها با توجه به شاخص "زمین لرزه"

نتیجه مقایسه گزینه ها با در نظر گرفتن شاخص فوق به قرار زیر است:



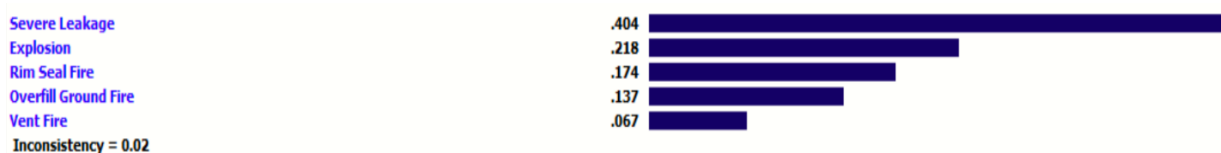
همانگونه که ملاحظه می شود در صورت بروز زمین لرزه، بروز حادثه حریق ناشی از نشت شدید مخازن بیشترین احتمال را دارد

۳.۸.۵: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص طوفان :

	Overfill Ground Fire	Vent Fire	Rim Seal Fire	Explosion	Severe Leakage
Overfill Ground Fire		2.72004	1.03085	1.30766	2.60846
Vent Fire			1.91938	1.14471	3.78493
Rim Seal Fire				1.27021	2.41014
Explosion					2.73658
Severe Leakage	Incon: 0.02				

نتیجه مقایسه گزینه ها با توجه به شاخص "طوفان"

نتیجه مقایسه گزینه ها با در نظر گرفتن شاخص فوق به قرار زیر است:



همانگونه که ملاحظه می شود در صورت بروز طوفان، بروز حادثه حریق ناشی از نشت شدید مخازن بیشترین احتمال را دارد .

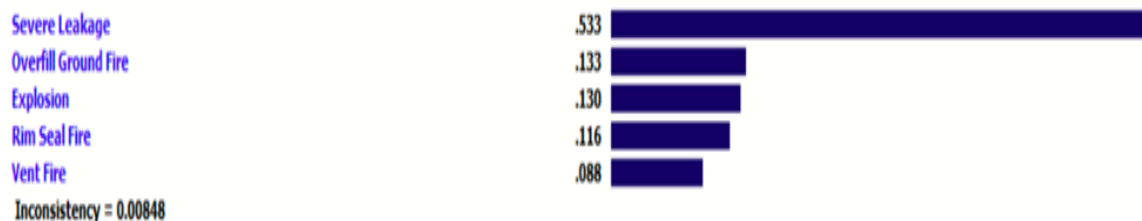
۳.۸.۶: تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص سیل :

تعیین ارجحیت گزینه ها با توجه به شاخص سیل

	Overfill Ground Fire	Vent Fire	Rim Seal Fire	Explosion	Severe Leakage
Overfill Ground Fire		1.44225	1.20094	1.06991	4.09638
Vent Fire			1.73205	1.4678	4.8568
Rim Seal Fire				1.34801	4.8568
Explosion					4.71769
Severe Leakage	Incon: 0.01				

نتیجه مقایسه گزینه ها با توجه به شاخص "سیل"

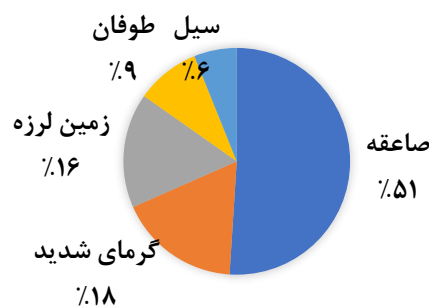
نتیجه مقایسه گزینه ها با در نظر گرفتن شاخص فوق به قرار زیر است:



همانگونه که ملاحظه می شود در صورت بروز سیل، بروز حادثه حریق ناشی از نشت شدید مخازن بیشترین احتمال را دارد

۴- بحث :

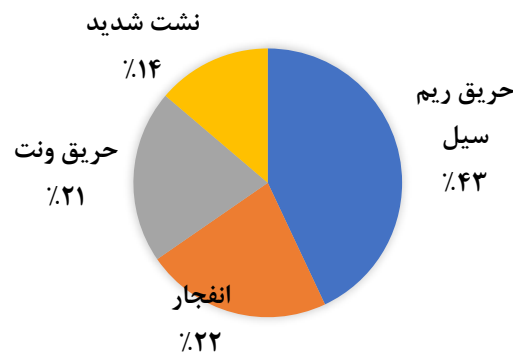
۴.۱: بحث در خصوص ارجحیت معیار ها نسبت به هم



طبق نتایج حاصل از این پژوهش و بر اساس نظر خبرگان مشخص گردید که از میان ۵ مورد از بلایای طبیعی معرفی شده بیشترین عامل آسیب رسان به مخازن مربوط به صاعقه است که این مهم با یافته های پژوهش چانگ و همکاران همخوانی دارد. طبق بررسی انجام شده توسط چانگ بر روی حوادث مخازن ذخیره سازی در تاسیسات نفتی در فاصله ی سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۳ میرز گردید که بالاترین علل حوادث مربوط صاعقه با میزان ۳۳٪ می باشد. [15]

آتش سوزی ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ در سکوی شماره ۱۶ پارس جنوبی مربوط به شرکت نفت و گاز پارس [33]، آتش سوزی ۱۳۸۹/۱۱/۱۳ در ۲ مخزن یک مخزن فرآورده در انبار نفت بندر عباس و مخزن نفت خام در منطقه قشم [34]، آتش سوزی ۱۳۹۲/۸/۳ مخزن ۵۰۰ هزار بشکه ایی در پایانه نفتی خارک [35] همه مواردی هستند که عامل حریق های به وجود آمده ناشی از صاعقه می باشد.

۴.۲: بحث در خصوص ارجحیت گزینه ها هنگام وقوع صاعقه ها



طبق نتایج حاصل از بررسی ارجحیت گزینه ها هنگام وقوع صاعقه ها مشخص گردید در صورت بروز صاعقه، بروز حادثه حریق از ناحیه ریم سیل مخازن بیشترین احتمال را دارد.

دو دلیل عمده در خصوص حوادث آتش سوزی ناشی از رعد و برق وجود دارد: [30]

۱- برخورد مستقیم صاعقه

۲- دوم اثرات ثانویه همچون تخلیه باند، پالس الکترواستاتیک و جریانهای زمین.

منطقه برخورد رعد و برق دارای محدوده شعاعی 10 متر می باشد، زمانی که یک مخزن ذخیره در منطقه صاعقه قرار دارد بخارات قابل اشتعال در معرض اثرات گرمایی یا * ممکن است مشتعل شود.

ریم سیل مخازن سقف شناور مهمترین مکان قابل احتراق در اثر برخورد صاعقه به آن می باشند. از عوامل موثر در ایجاد حریق مخازن بر اثر رعد و برق میتوان به موارد زیر اشاره نمود :

✓ ضعف در سیستم اتصال به زمین مخزن به منظور جذب کامل یک صاعقه مستقیم

✓ نشت مایع قابل اشتعال یا نشت در قسمت ریم سیل و ایجاد حریق در نتیجه برخورد رعد و برق به مواد نشت شده

برخورد مستقیم صاعقه به مخزن و در نتیجه نشت و آتش سوزی sealing Tight برای جلوگیری از خروج بخارات و مایعات قابل اشتعال ضروری است. برای ایمنی مخازن شیرهای تخلیه[‡] امکان احتمالی دیگر در آتش سوزی مخازن محسوب می شوند در این حالت لازم است که Arrestor Flame نصب شود. بکارگیری استانداردهای مرتبط با رعد و برق از قبیل NFPA[‡] ۷۸/۷۸۰ کمک شایانی به پیشگیری از وقوع حوادث آتش سوزی مخازن خواهد نمود.

یک علت عمده در ارتباط با حریق های ناشی از صاعقه، برخورد مستقیم صاعقه با مخزن می باشد. زمانی که یک مخزن ذخیره در ناحیه برخورد مستقیم صاعقه قرار گیرد، بخارات قابل اشتعال در مواجهه با گرما ممکن است مشتعل گردند. لبه نشت بندی[§] یک مخزن سقف شناور محتمل ترین مکان برای اشتعال در اثر اصابت صاعقه می باشد. همچنین شیر تخلیه محلی محتمل برای مشتعل شدن می باشد که برای جلوگیری از این کار، یک بازدارنده شعله نصب می گردد .

* channel Stroke

† Valve Vent

‡ National Fire Protection Association

§ RIM SEAL

اصابت صاعقه به واسطه شدت جریان های برخوردی بسیار بالایی که در مدت زمان بسیار کوتاه می رسند، مشخص می شود. برای مثال، یک صاعقه برخوردی متوسط، چیزی در حدود ۳۰۰۰۰ آمپر الکتریسیته را در کسری از ثانیه به زمین منتقل می کند. این جریان در سرتاسر سطح زمین جاری می شود تا اینکه اختلاف پتانسیل بین ابر صاعقه دار و زمین خنثی شود . برخورد صاعقه ممکن است یک مخزن سقف شناور را در حالات زیر در معرض خطر قرار دهد: برخورد به

۱. سقف مخزن

۲. بدنه مخزن

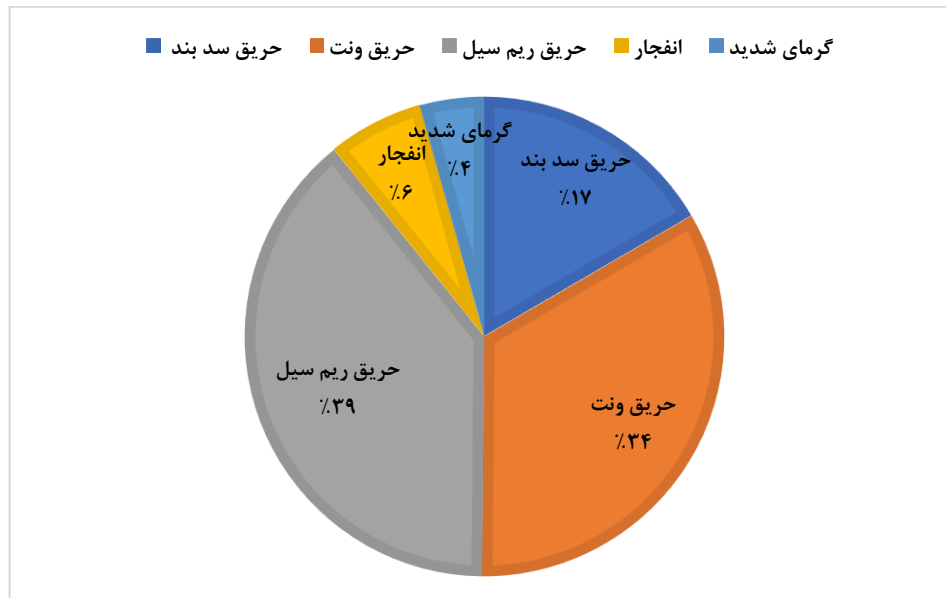
۳. هر چیز متصل شده به سقف یا بدنه مخزن

۴. یک سازه زمین شده یا اتصال به زمین نزدیک مخزن سقف شناور.

در صورتی که صاعقه به هر یک از این مکان ها محدود (ختم) شود یا به نزدیک یک مخزن سقف شناور منتهی گردد، یک نسبتی از جریان کل صاعقه از فصل مشترک سقف -بدنه جریان خواهد یافت . در صورتیکه رعدوبرق به بدنه مخزن ختم گردد، جریان قابل ملاحظه ایی در فصل مشترک سقف-بدنه جاری خواهد شد. در صورتیکه صاعقه نزدیک به یک مخزن سقف شناور ختم شود (محدود شود)، هم به زمین و هم به ساختار زمین شده رسیده و جریان های کوچکی در فصل مشترک سقف- بدنه جریان خواهد یافت. در صورت بروز نقص در نشت بند و وجود بخارات در بالای مخزن، آتش سوزی اتفاق خواهد افتاد.

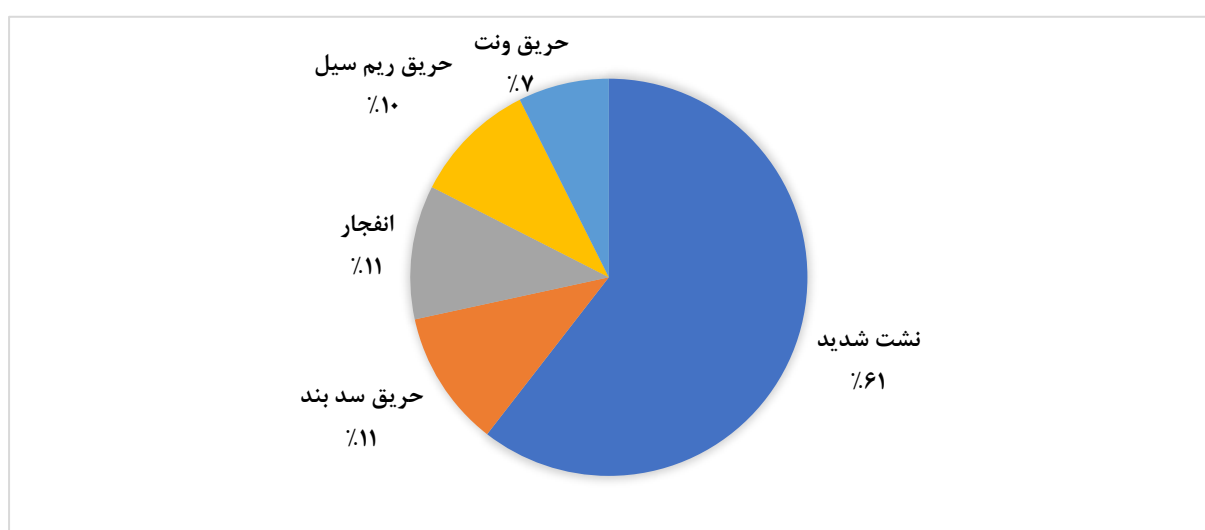
بر اساس گزارش ناسا هر درجه سیلسیوس افزایش دمای کره زمین منجر به افزایش حداقل ۶ درصد احتمال وقوع رعد و برق خواهد شد و در بعضی منابع این رقم را تا ۲۰٪ نیز پیش بینی کرده اند. از میان انواع مخازن، مخازنی که به صورت سقف باز و شناور طراحی می شوند، احتمال بیشتری در آتش سوزی ناشی از رعد و برق دارند و با وجود نصب سیستمهای اتصال زمین در این مخازن ، سالانه ۱۵ تا ۲۰ آتش سوزی در این نوع مخازن در دنیا گزارش می شود، بنابراین باید از تجهیزات و تکنولوژی جدیدی که در دسترس می باشد استفاده نمود [36].

۳-۴: بحث در خصوص ارجحیت گزینه ها هنگام گرمای شدید

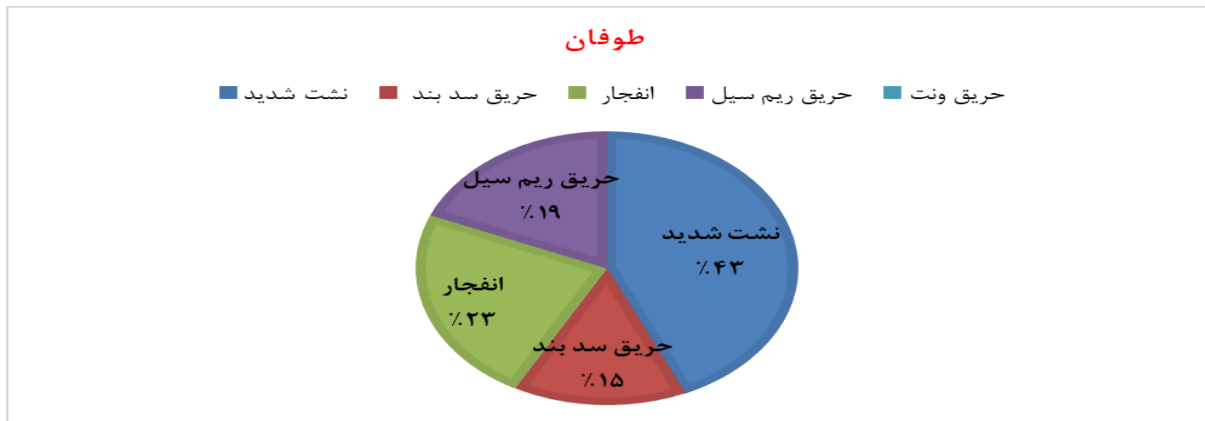


مطابق نمودار رسم شده در صورت بروز گرمای شدید، بروز حادثه حریق ناشی از حریق ریم سیل بیشترین احتمال را دارد. وقتی دمای هوا افزایش پیدا می کند به طبع آن دمای سیال موجود در مخزن افزایش یافته و تجمع بخارات باعث عمل کردن ونت مخزن شده و این مسئله باعث هدایت بخارات به داخل محیط گردیده و در این حالت اتمسفر اطراف مخزن با کوچکترین شعله ای مستعد حریق است.

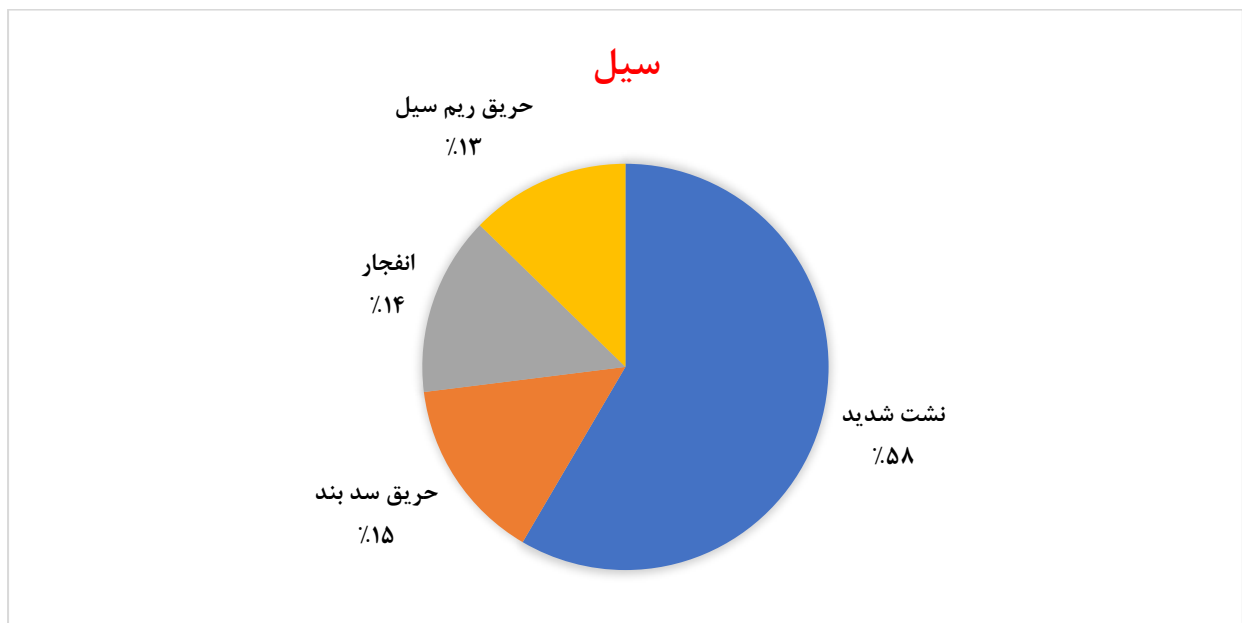
۴-۴: بحث در خصوص ارجحیت گزینه ها هنگام زمین لرزه



۵-۴: بحث در خصوص ارجحیت گزینه ها هنگام طوفان



۴-۶: بحث در خصوص ارجحیت گزینه ها هنگام سیل



همانگونه که ملاحظه می شود در صورت بروز بلایای طبیعی زمین لرزه، طوفان و سیل بروز حادثه حریق ناشی از نشت شدید مخازن بیشترین احتمال را دارد.

این نتیجه با بررسی های انجام شده توسط خانم مشعشی پ، و همکاران در خصوص اثر زمین لرزه با نشت مواد از مخازن مطابقت دارد. [15]

بخشی از حوادث آتش سوزی فاجعه بار ناشی از نشت در سال های اخیر در شکل شماره ۱ آمده است.

سال	آتش سوزی	انفجار	ریزش	نشت گازهای سمی	مصرفه	جمع کل
۱۹۶۰ - ۱۹۶۹	۸	۸	۰	۰	۱	۱۷
۱۹۷۰ - ۱۹۷۹	۲۶	۵	۵	۰		۳۶
۱۹۸۰ - ۱۹۸۹	۳۱	۱۶	۱۶	۲	۱	۵۳
۱۹۹۰ - ۱۹۹۹	۵۹	۲۲	۲۲	۱	۱	۸۵
۲۰۰۰ - ۲۰۰۳	۳۱	۱۰	۱۰	۱۰	۲	۵۱
جمع	۱۴۵	۶۱	۶۱	۱۳	۵	۲۴۲

این حوادث که گاه با عواقب شدیدی رخ می دهد که عمدتاً ناشی از نشت روغن، آتش سوزی و انفجار در مرحله اولیه است. با پخش شدن روغن و ایجاد آتش سوزی، منطقه سوخته به تدریج بزرگ می شود. خاموش کردن چنین آتش سوزی هایی دشوار است زیرا برای عامل خاموش کننده دشوار است که کل زیرلایه در حال سوختن را به طور کامل بپوشاند [37] علاوه بر این، فرآیند احتراق معمولاً با دمای بالای شعله و مقدار زیادی تشعشع گرمایی همراه است که ممکن است تهدیدی برای تأسیسات اطراف باشد و باعث تشدید حادثه شود. این نوع تصادف که متوالی اتفاق می افتد معمولاً به عنوان تصادف دومینو نیز نامیده می شود. [38]

طوفان دوریان در سال ۹۸ گواهی بر تایید نتیجه این تحقیق دارد شرکت ایکوینر نروژ مالک این ذخایر نفتی طی بیانیه ای اعلام کرد: طبق اطلاعاتی که تا حالا به دست آورده ایم، سقف ۵ مخزن از بین رفته اند. ما نمی دانیم باد آن ها را با خود برده یا به داخل مخازن افتاده اند.

شرکت ایکوینر اعلام کرد تصویربرداری هوایی نشان داده نفت به روی زمین نشست کرده است نه به داخل دریا . نفت این پایانه به بوته ها و درختان اطراف راه یافته و تا نزدیکی جاده پیش رفته است. علاوه بر مخازنی که سقف آنها را باد برده، سقف برخی دیگر هم تا حدی خراب شده و به داخل نفت مخازن افتاده اند.

علاوه بر ویرانی هایی که طوفان دوریان در گرند باهاما به جای گذاشته و افراد بسیاری که بی خانمان کرده، تأثیرات محیط زیستی نشت این نفت هم ضربه دیگری به این منطقه است. [39]



شکل شماره ۳: تصویر آسیب طوفان دوریان به مخازن ذخیره نفت در باهاما [39]

۵. نتیجه گیری:

پس از توزیع و تکمیل پرسشنامه‌های طراحی شده توسط خبرگان مربوطه، داده‌های گردآوری شده با استفاده از نرم افزار Expert Choice مورد تحلیل قرار گرفت. بر این اساس، اولویت بندی معیارها و وزن نسبی هر یک تعیین گردید. وزن‌های حاصل برای بلایای طبیعی به ترتیب عبارتند از: صاعقه با وزن ۰.۵۰۲، گرمای شدید ۰.۱۷۱، زمین لرزه ۰.۱۶۱، طوفان ۰.۰۹۷ و سیل ۰.۰۶۹. این نتایج نشان می‌دهد که صاعقه بیشترین تأثیر را بر حوادث مخازن نفتی در میان بلایای طبیعی دارا می‌باشد.

در بررسی ارجحیت گزینه‌ها در زمان وقوع بلایای طبیعی، اوزان به دست آمده به شرح زیر می‌باشد: در زمان وقوع صاعقه، احتمال بروز حادثه حریق ریم سیل با وزن ۰.۳۹۰ بیشترین اهمیت را دارد. همچنین، در زمان وقوع گرمای شدید، احتمال بروز حادثه حریق سد بند با وزن ۰.۱۶۶ بیشترین اهمیت را دارا می‌باشد.

در زمان وقوع زمین لرزه، احتمال بروز حادثه نشت شدید با وزن ۰.۶۰۵ بیشترین اهمیت را داراست. همین‌طور در زمان وقوع طوفان و سیل، احتمال بروز حادثه نشت شدید با وزن ۰.۴۰۴ بیشترین اهمیت را دارا می‌باشد.

۱۲. مراجع :

[1]. <https://chabahar.niopdc.ir>

[2]. E. Flitter, R. Valdmanis, Oil and Chemical Spills from Hurricane Harvey big, but Dwarfed by Katrina, Reuters, September 15, (2017) <https://af.reuters.com/article/idAFL2N1LV21W> , Accessed date: 11 February 2019.

[3]. Lees F. Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. Philadelphia: Elsevier Science; 2012

[4]. E. Krausmann, A.M. Cruz, E. Salzano, Natech Risk Assessment and Management – Reducing the Risk of Natural-Hazard Impact on Hazardous Installations, Elsevier, Amsterdam, 2017.

[5]. P.S. Showalter, M.F. Myers, Natural disasters in the United States as release agents of oil, chemicals, or radiological materials between 1980–9: analysis and re-recommendations, Risk Anal. 14 (2) (1994) 169–181.

[6] E. Krausmann, A.M. Cruz, B. Affeltranger, The impact of the 12 May 2008 Wenchuan earthquake on industrial facilities, J. Loss Prev. Process. Ind. 23 (2010) 242–248.

[7] Aon Benfield, 2011 Thailand Floods Event Recap Report, Impact Forecasting – March 2012, Aon Corporation, 2012.

[8]. Barikloo, Ali Reza (2006), Civil Liability, Tehran: Publication of the Magazine.4

[9]. Ashouri, Mohammad (1997), Criminal Justice. Tehran: Treasure of Knowledge

[10]. جهانگرد، ا. الف. (۱۳۸۹)، پروژه پژوهشی راهکارهای ارتقاء بهره وری کل عوامل تولید در بخش حمل و نقل جاده ای". تهران: پژوهشکده حمل و نقل.

[۱۱]. {۷# ۱۳۸۹، لف} {۷# ۱۳۸۹، لف} 6. Wei, Y. M., J. L. Jin, C. J. Yang, S. F. Huang, Y. Fan, and D. Q. Chen (2002), Theory of Risk Management of Flood Disaster. Beijing: Science Press.

[۱۲]. Domeisen, N. (1995), 'Disasters: Threat to Social Development', Stop Disasters 34, winter, pp. 7-9.

[۱۳]. Behera RK, et al. Disaster Management using Mock Drills Vilakshan. The XIMB Journal of Management. ۲۰۱۷;۱۴.

[۱۴]. Moshashaei P, et al. Investigate the causes of fires and explosions at external floating roof tanks: A comprehensive literature review. Journal of Failure Analysis and Prevention . ۲۰۱۷;۱۷:۱۰۴۴-۱۰۵۲.

[۱۵]. Chang, J.I., Lin, C.C., 2006. A study of storage tank accidents. J. Loss Prev. Process Ind. 19 (1), 51-59.

[16]. Lastfire.review, FEscalation Mechanisms.buckinghamshire:resource protection international1997.

[17]. European Committee for Standardization. (2007) Eurocode 3: design of steel structures—Part 4-1: 632 design of steel structures: silos (EN 1993-4-1). Brussels, Belgium. 633 Godoy, L. A. Performance of Storage Tanks in Oil Facilities Damaged by Hurricanes Katrina and Rita

[18]. Cruz, A. M. , & Krausmann, E. . (2009). Hazardous-materials releases from offshore oil and gas facilities 623 and emergency response following hurricanes Katrina and Rita. Journal of Loss Prevention jhin the 624 Process Industries, 22(1), 59-65.

[19]. Young S, Balluz L, Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. *Sci Total Environ.* 2004 Apr 25;322(1-3):3-20. doi: 10.1016/S0048-9697(03)00446-7. PMID: 15081734.

[20]. Fire and Disaster Management Agency (۲۰۱۱a). Report on countermeasures against earthquakes and tsunamis for hazardous materials facilities in consideration of the ۲۰۱۱ great east Japan earthquake, http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/۲۳۱۲۲۲/۲۳۱۲_houdou/۰۲/index.pdf (written in Japanese)

[21]. <https://www.sierraclub.org>

[22]. Wei, Yi. Ming., Ju-lian, Jin.Qiong, wang ,,December ۲۰۱۲.Impacts of Natural Disasters and Disasters Risk Management in China: The Case of China's Experience in Wenchuan Earthquake.

[23]. Landucci G., Necci A., Antonioni G., Tugnoli A., Cozzani V., 2014. Release of hazardous substances in flood events: Damage model for horizontal cylindrical vessels. *Reliability Engineering & System Safety*, 132, 125-145

[24]. Morales FF Jr and de Vries WT (2021) Establishment of Natural Hazards Mapping Criteria Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Front. Sustain.* 2:667105. doi: 10.3389/frsus.2021.667105

[25]. T.L. Saaty, *Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York, 1980.

[26]. T.L. Saaty, L.G. Vargas, *Fundamentals of Decision Making & Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process (Analytic Hierarchy Process, vol. 6)*, RWS, Pittsburgh, 2001, Reference to a chapter in an edited book: 7.

[27]. Mallick, J., Singh, R. K., Alawadh, M. A., Islam, S., Khan, R. A., and Qureshi, M. N. (2018) GIS-based landslide susceptibility evaluation using Fuzzy-AHP multi-criteria decision-making techniques in Abha Watershed, Saudi Arabia. *Environ. Earth Sci.* 77:276. doi: 10.1007/s12665-018-7451-1

[28]. Manifestation of an Analytic Hierarchy Process (AHP) Model on Fire Potential Zonation Mapping in Kathmandu Metropolitan City, Nepal ,March 2015 *International Journal of Geo-Information* 4(1):400-417
DOI:10.3390/ijgi4010400, Project: Fire Potential Zonation Mapping and fire site selection in Kathmandu Metropolitan City, Nepal

[29]. <https://en.wikipedia.org>

[30].<https://hse.mop.ir>

[31].Barthélemy, J. (2003). The seven deadly sins of outsourcing. Academy of Management Executive, 17, 87-100.

[32].Belton, V., & Stewart, T. J. (۲۰۰۲). Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Boston: Kluwer Academic Publishers.

[33].www.ilna.news

[34].www.hamshahrionline

[35].www.isna.ir

[۳۶]. Sadeghpour M, Shayegan G. Lightning and firefighting crude oil storage tanks, HSE management, National Iranian Oil Company, National Iranian Oil Company 2016;6: 1-8.

[۳7].D. Gottuk, D. White ,Liquid Fuel Fires, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (۲۰۱۶), pp. ۲۵۵۲-۲۵۹۰

[۳۸].G. Landucci, G. Gubinelli, G. Antonioni, V. Cozzani The assessment of the damage probability of storage tanks in domino events triggered by fire Accid. Anal. Prev., ۴۱ (۲۰۰۹), pp. ۱۲۰۶-۱۲۱۵

[39]. <https://www.eghtesadbartar.com/>