

معیارهای پذیرش ریسک پالایشگاههای نفت خام و گاز طبیعی و کاربرد آن در قیمت‌گذاری محصولات بیمه‌ای

^۱ امیر تیمور پاینده نجف‌آبادی^{*}، ^۲ فاطمه عطاطلب

چکیده

ریسک‌های بخش انرژی معمولاً فراوانی بسیار کم ولی شدت بسیار بالایی دارند، این امر باعث شده است که بخش انرژی هر کشور جزو بخش‌های پر ریسک دسته‌بندی شود. بنابر این برای پوشش ریسک‌های آن باید بیمه‌نامه‌های مناسب طراحی و پیاده‌سازی شوند. طراحی چنین بیمه‌نامه‌هایی مستلزم شناسایی دقیق تمامی ریسک‌ها، تعیین ضوابط پذیرش آنها و سرانجام انجام محاسبات بیمسنجی محصول طراحی شده است. این مقاله تنها بر بیمه پالایشگاههای نفت و گاز در حال بهره‌برداری، مرکز می‌شود. ابتدا بر اساس مرور ادبیات ریسک‌های این حوزه شناسایی و سپس بر اساس نظر خبرگان حوزه بهداشت و ایمنی و ارزیابان ریسک که در حوزه انرژی فعالیت می‌کنند، الگوی ارزیابی این ریسک‌ها در قالب یک ماتریس ارزیابی ریسک، احصاء می‌شود. برای مطالعه نحوه و نوع تاثیرگذاری متغیرهای ارائه شده از روش تحلیل معادله‌یابی معادلات ساختاری بیزی به کمک نرم‌افزار آموس استفاده شده است. سپس با مراجعه به اطلاعات موجود در صنعت بیمه، قیمت‌گذاری این محصول بیمه‌ای با استفاده از رویکرد مبتنی بر نرخ و سرمایه بیمه‌نامه ارائه می‌شود.

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۱۲/۲۵

کلمات کلیدی:

قیمت‌گذاری،
سری زمانی،
نفت و گاز،
ارزیابی ریسک،
ماتریس ارزیابی،
ریسک معادله‌یابی،
معادلات ساختاری بیزی.

۱. استاد بیمسنجی، دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول)

amirtpayandeh@sbu.ac.ir
f_atatalab@yahoo.co.uk

۲. کارشناس میز انرژی پژوهشکده بیمه

۱ مقدمه

به کلیه صنایع، سازمان‌ها و شرکت‌های درگیر در اکتشاف، استخراج (یا تولید)، بازاریابی، انتقال و توزیع حامل‌های انرژی، صنعت انرژی گویند. واژه انرژی یک واژه بسیار کلی است که از انرژی برق، انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای را شامل می‌شود. در صنعت بیمه منظور از انرژی: نفت، گاز و پتروشیمی‌ها است، که نشت، آتش‌سوزی و انفجار سه ریسک عمده آنها می‌باشد. این ریسک‌ها به همراه سایر ریسک‌های این صنعت، معمولاً به دلیل خرابی سیستم‌ها، خطاهای انسانی و بلایای طبیعی (مانند زلزله، سیل و طوفان) رخ می‌دهند. این وقایع معمولاً موجب بروز خسارت‌های بسیار بزرگی می‌شوند، بنابراین انتقال این ریسک‌ها به بیمه‌گران موجب حمایت از صنعت انرژی خواهد شد.

با توجه به این که صادرات محصولات مرتبط با صنعت انرژی یکی از مهم‌ترین صادرات و منبع کسب درآمد ایران است، بنابراین بیمه‌های انرژی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار هستند. از طرف دیگر چون خسارت‌های مرتبط با صنعت انرژی، معمولاً بسیار بزرگ است که موجب وارد کردن خسارت‌های هنگفت به بیمه‌گران می‌شود. بنابراین محصولات بیمه‌ای مرتبط با حوزه انرژی باید به دقت طراحی و پیاده‌سازی شوند. طراحی چنین بیمه‌نامه‌های مستلزم شناسایی دقیق تمامی ریسک‌ها، تعیین ضوابط پذیرش ریسک‌های یک بیمه‌گذار و سرانجام انجام دقیق محاسبات بیم‌سنجدی محصول طراحی شده است.

این مقاله تنها بر بیمه پالایشگاه‌های نفت و گاز در حال بهره‌برداری، مرکز می‌شود. ابتدا بر اساس مرور ادبیات ریسک‌های این حوزه شناسایی و پس از آن بر اساس نظر خبرگان حوزه بهداشت و ایمنی (HSE) و ارزیابان ریسک که در حوزه انرژی فعالیت می‌کنند، الگوی ارزیابی این ریسک‌ها در قالب یک ماتریس ارزیابی ریسک احصاء می‌شود. سپس با مراجعه به اطلاعات موجود در صنعت بیمه، محاسبات بیم‌سنجدی این محصول بیمه‌ای ارائه خواهد شد.

صنعت نفت و گاز دارای هشت مرحله‌ی: (۱) اکتشاف میدان، (۲) ارزیابی میدان کشف شده، (۳) توسعه زیر ساخت‌های لازم برای استخراج، (۴) تولید و استخراج از میدان، (۵) پردازش گاز طبیعی استخراج شده (برای میدان‌های نفتی این مرحله وجود ندارد)، (۶) انتقال، (۷) پالایش و (۸) بازاریابی است. در ادبیات این صنعت این هشت مرحله را به سه بخش کلی: بالادستی (شامل دو زیر بخش اکتشاف و

استخراج هیدروکربن خام از میدان شناسایی شده، میان دستی (شامل حمل و نقل و ذخیره سازی، محصول هیدروکربن خام استخراج شده) و پایین دستی (شامل: پالایش، فرآوری و توزیع محصول فرآوری شده) دسته بندی می کنند. همچنین بسته به محل قرار گرفتن صنایع مرتبط به حوزه انرژی، آنها را به دو حوزه ساحلی و فراساحلی دسته بندی می کنند. فعالیت در حوزه فراساحلی، با ریسک ها و خطرات منحصر به فرد بسیار زیادی روبرو است. از طرف دیگر چون تکنولوژی به کار گرفته در این حوزه، نیازمند تخصص بسیار بالا است، ریسک های بخش اکتشاف فراساحلی بسیار بیشتر و متنوع تر است. کارفرمایان و پیمانکاران فعال در این حوزه فراساحلی، نیاز وجود بیمه نامه های که ریسک های آنها را پوشش دهد، را به خوبی احساس کرده اند.

متاسفانه صنعت بیمه ایران به صورت جدی هنوز به این بخش ورود نکرده است (درخشنان، ۱۳۹۰).

در مورد ریسک های بخش های بالادستی و میان دستی حوزه انرژی تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده است. به دلیل عدم مرتبط بودن آنها به این مقاله، از آوردن آنها در اینجا خودداری کرده و خواننده علاقمند را به پاینده و عطاطلب (۱۳۹۹) ارجاع می دهیم.

کن وی (۱۹۹۳) ریسک های عمدۀ پالایشگاه های گاز و مواد شیمیایی را به صورت: آتش، انفجار، خرابی ماشین آلات و عوامل خارجی (نظیر: عدم وجود مواد اولیه، عدم رعایت استانداردها) گزارش نمود. او به کمک داده های مربوط به خسارت های این پالایشگاه ها در بازه زمانی ۱۹۸۹ الی ۱۹۹۲ (که مجموع خسارت های آنها بیش از ۳ میلیون دلار آمریکا است)، حداقل زیان را برآورد نمود. به عبارت دقیق تر: او ابتدا ریسک های عمدۀ پالایشگاه های گاز و مواد شیمیایی را در سه دسته: (۱) آتش سوزی و انفجار، (۲) انسانی و (۳) طبیعی، طبقه بندی کرده و برای هر ریسک، احتمال وقوع را محاسبه نمود تا بر اساس آن بتوان حداقل خسارت را برآورد نمود. پت کرنل (۱۹۸۵) با استفاده از یک رویکرد مارکفی، تغییر فاز آتش ایجاد شده در یک پالایشگاه نفت را مدل بندی کرد. او نشان داد با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ، به سادگی می توان احتمال تغییر فاز آتش های ایجاد شده کوچک را به آتش های بزرگ، کاهش داد. یوٹ و ویس (۲۰۰۴) حوادث (واقع شده و در شرف وقوع) مربوط به حوزه انرژی بین سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۲ را در کشور آلمان مورد بررسی قرار دادند. آنها نشان دادند که در میان حوادث واقع شده، نشت هیدروکربن ها سهمی ۵۰ درصدی، آتش سوزی سهمی ۱۸ درصدی، انفجار سهمی ۹ درصدی، آتش سوزی به همراه انفجار سهمی ۱۴ درصدی و آتش سوزی، انفجار و نشت همزمان سهمی ۹ درصدی داشته اند. همچنین

در میان تمامی حوادث واقع شده و در شرف وقوع: خرابی ماشین‌آلات سهمی حدود ۳۷ درصد و خطای انسانی ۲۵ درصد سهم دارند. عباسی و همکاران (۲۰۱۵) ریسک‌های واحد مروکس یک پالایشگاه نفت ایران را مورد مطالعه قرار دادند. آنها بر اساس اطلاعات ثبت شده در آن پالایشگاه، نشان دادند: (۱) سهم خرابی تجهیزات، خرابی سیستم‌های کنترلی، خطای انسانی، شرایط آب و هوایی و حوادث طبیعی در ایجاد حوادث در واحد مروکس این پالایشگاهی به ترتیب ۰.۳ ، ۰.۴۷ ، ۰.۴۰ و ۰.۵۵ درصد است؛ (۲) دلیل عمدۀ به وجود آمدن حوادث، به ترتیب سهم آنها، عبارتند از: باز گذاشتن مسیرهای میان‌بر، تمیز نبودن فیلتر پمپ‌ها، فرسودگی لوله‌های انتقال، فرسودگی واشرها، قطعی برق، خرابی سیستم‌های هشداردهنده، بسته بودن دریچه‌های کنترلی، خرابی سوپاپ‌ها، افزایش بیش از فشار و شکستگی اتصالات جوش‌داده شده.

چتوه و همکاران (۲۰۱۶) دلیل ۴۴ حادثه که بر اثر آتش‌سوزی، انفجار و نشت گازهای سمی در پالایشگاه نفت و گاز سکیکدا الجزایر، طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند: سهم خرابی ماشین‌آلات حدود ۳۶ درصد، سهم نشت مواد هیدروکربنی حدود ۱۸ درصد، جرقه زدن سهمی حدود ۱۵ درصد، سهم خطای انسانی حدود ۲ درصد، سهم عوامل محیطی حدود ۴ درصد و سهم عوامل ناشناخته حدود ۱۶ درصد است. رضایی و همکاران در سال ۲۰۱۶ با استفاده از رویکرد خطر-عملکرد، ریسک‌های مربوط به بخش نمک‌زادی یکی از پالایشگاه‌های گاز پارس جنوبی را مورد تحلیل قرار دادند. توفیلوس و همکاران (۲۰۱۷) دلیل به وجود آمدن ریسک‌های حوزه نفت و گاز را به پنج سطح عمل غیرایمن، شرایط ایجاد اعمال غیرایمن، نظارت نادقيق، تأثیرات سازمانی و تأثیر قوانین و مقررات تقسیم نمودند. سپس تعداد ۱۱ حادثه‌ی مربوط به پالایشگاه‌های نفت و گاز آمریکا طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲ را مورد بررسی قرار دادند. آنها متوجه شدند، بیش از ۹۰ درصد این حوادث به دلیل تأثیرات سازمانی است. همچنین آنها با استفاده از دو روش آزمون دقیق فیشر و آزمون خی‌دوی تقریبی، میزان همبستگی بین عوامل تشکیل دهنده پنج سطح را مورد بررسی قرار دادند.

جارویس و گوددارد در سال ۲۰۱۷، در خصوص ۱۰۰ حادثه عمدۀ‌ی که صنعت نفت، گاز و پتروشیمی را طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ تهدید کرده‌اند، مطالعه نمودند. آنها نشان دادند که ۵۱ درصد این حوادث در حوزه پالایشگاه‌ها، ۲۸ درصد در حوزه پتروشیمی، ۱۰ درصد در میادین گازی و ۵ درصد در میادین نفتی اتفاق افتاده‌اند؛ از کارافتادگی ماشین‌آلات، در حوزه پالایشگاهی، سهم قابل توجهی در وقوع این

حوادث ایفاء کرده است؛ بیش از ۷۰ درصد از کارافتادگی‌های ماشین‌ها به دلیل خوردگی است؛ کمتر از ۱۰ درصد حوادث به دلیل حادثه در مخازن ایستاء است؛ بیش از ۷۰ درصد خرابی‌های ماشین‌آلات در هنگام فعالیت نرمال آنها رخ می‌دهد؛ آتش‌سوزی در پالایشگاه‌ها به دلیل عدم بازرسی دقیق سیستم‌های لوله کشی بود که قبلاً بخشی از آنها به دلیل فرسودگی تعویض شده بودند؛ آتش‌سوزی به اثر تشکیل ابربخار، به دلیل پوسیدگی لوله‌ها، عدم کارکردن پمپ پروپیلن و تخلیه به موقع، عدم فعالیت سیستم سرمایش و یا استفاده از دریچه تخلیه با آلیاژ نامناسب اتفاق افتاده‌اند؛ بسیاری از حوادث در هنگام راه اندازی مجدد سیستم‌ها به دلیل خطای انسانی رخ داده‌اند؛ به دلیل در کنار هم قرار گرفتن دریچه‌های تخلیه یک آتش‌سوزی جزیی باعث ایجاد استخراج آتش گردید؛ بیش از حد پرکردن مخازن ذخیره، باعث انفجار شده است.

لی و همکاران (۲۰۱۷) ریسک‌های مربوط به سرمایه‌گذاری در پالایشگاه‌های نفت کشور چین که در خارج از سرزمین چین وجود دارند را بررسی کردند. سپس با استفاده از روش فازی به تحلیل ارتباط بین این ریسک‌ها پرداختند. کلانترین و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از یک رویکرد پویا به ارزیابی ریسک‌های مربوط به حادثه پالایشگاه BP در تگزاس پرداختند. آنها نشان دادند، دلیل عمدۀ حوادث مربوط به پالایشگاه‌ها، ضعف بازرسی و فقدان سیستم‌های هشدار سریع است. این سیستم‌ها معمولاً به کمک مدل‌های پیشگو که با استفاده از داده‌های خسارّتی گذشته یا اطلاعات مربوط به حوادث در شرف وقوع توسعه پیدا می‌کنند، ایجاد می‌شود. نیولیانیتو و همکاران (۲۰۰۶) حوادث مربوط به حوزه نفت، گاز و پتروشیمی را در کشور آمریکا در بازه سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۲ بررسی کردند. آنها این حوادث را در پنج طبقه‌ی: (۱) خرابی ماشین‌آلات، (۲) عوامل محیطی، (۳) عوامل انسانی، (۴) عوامل انسانی به همراه خرابی ماشین‌آلات و (۵) خرابی ماشین‌آلات به همراه عوامل محیطی، دسته‌بندی نمودند. بر اساس مطالعه انجام شده، آنها نشان دادند، عوامل (۳) و (۴) نقش بیشتری را در بروز حوادث ایفاء می‌کنند.

ازیز و همکاران (۲۰۱۷) عوامل شکل‌دهی خطای انسانی در یک حادثه پالایشگاهی را به چهار دسته عمدۀ: (۱) دستورالعمل، (۲) سابقه کار، (۳) سطح استرس و (۴) نوع ارزیابی، تقسیم‌بندی نمودند. سپس دستورالعملی برای مدیریت این عوامل ارائه نمودند. سرمیلیا و همکاران (۲۰۱۸) با مطالعه حوادثی که در حوزه پالایشگاه‌های نفت در دنیا به وقوع پیوسته و گاز هیدروژن در ایجاد آن نقش اساسی داشته است، توصیه‌هایی برای طراحی این پالایشگاه‌ها ارائه نمودند. آنها با مراجعه به داده‌های که در این زمینه

جمع آوری شده است، نشان دادند: (۱) ۴۵ درصد از این حوادث با یک انفجار، ۴۰.۸ درصد با آتش و ۱۴.۲ درصد با نشت، آغاز شده‌اند؛ (۲) سهم حوادث طبیعی حدود ۱۶ درصد، سهم مدیریت یا برنامه‌ریزی نامناسب حدود ۹.۴ درصد، سهم فقدان، ناکافی و یا نادقيق بودن فرآیندها ۳.۱ درصد، سهم فقدان و یا ناکافی بودن آموزش‌های لازم به کارکنان حدود ۱۶ درصد، سهم نامناسب بودن تجهیزات به کارگرفته شده در پالایشگاه حدود ۱۶ درصد، سهم تعمیر و نگهداری نامناسب حدود ۱.۶ درصد، سهم بازرگانی نادقيق و ناکافی حدود ۱۶ درصد، سهم خطای انسانی ۱۰.۹ درصد، سهم عدم رعایت قوانین و پروتکل‌ها حدود ۳.۱ درصد، سهم حوادث خارج از مجموعه حدود ۳.۱ درصد، سهم خارج از کنترل شدن حدود ۳.۱ تجهیزات حدود ۶.۳ درصد، سهم خرابی قطعات حدود ۱۴.۱ درصد، سهم خارج از کنترل شدن حدود ۳.۱ درصد، سهم فرسودگی، خستگی و سایش حدود ۶.۳ درصد، سهم خرابی تجهیزات مربوط به سیستم‌های کنترلی حدود ۱۶ درصد، سهم خرابی در لوله‌های اتصالی حدود ۲۱.۹ درصد، سهم واکنش غیرمنتظره حدود ۴.۷ درصد، سهم انسداد مسیرها حدود ۱۶ درصد، سهم تخليه انرژی بر اثر شارژ الکترواستاتیک حدود ۱۶ درصد و سهم عملیات بارگیری و تخليه تانکر یا بارچ حدود ۱۶ درصد است.

بویاکا و سی‌رایپیکار (۲۰۱۸) با استفاده از روشی موسوم به مدیریت ریسک عوامل انسانی تأثیر ریسک‌های مربوط به عامل انسانی را در پالایشگاه‌ها نفت و گاز مورد مطالعه قرار داد. آنها ابتدا عوامل انسانی که منجر به یک حادثه می‌شوند را به دو بخش (۱) عوامل شکل‌دهی و (۲) خطای انسانی دسته‌بندی نمودند. از نقطه نظر آنها در هر عامل انسانی که منجر به یک حادثه در پالایشگاه‌ها می‌شود، ابتدا از یک عامل شکل‌دهی آغاز و به دلیل یک خطای انسانی منجر به حادثه می‌شود. بر اساس یافته‌های آنها، زیر بخش‌های این دو عامل عبارتند از:

- عوامل شکل‌دهی: سطح آموزش، زمان موجود برای اجرای وظایف، توجه به تامین کنندگان / ذینفعان، رابطه انسان و ماشین، کیفیت اطلاعات (عدم ارتباط)، فرهنگ ایمنی شرکت، سطح تجربه، عدم نظارت.
- عوامل خطای انسانی: انجام فعالیت بدون مجوز، انجام ندادن یک عمل ضروری، انتخاب نامناسب مواد خام، عدم دقیق و سرعت مناسب، عدم هشدار مناسب و کافی به فرد مرتبط، نقص در تجهیزات حفاظتی شخصی، آگاهی ناکافی از مقررات و رویه‌ها، غیرفعال بودن یک سیستم کنترلی مناسب، بارگذاری/ جابه‌جایی / تخليه نامناسب تجهیزات، استفاده نادرست و نامناسب از تجهیزات، موقعیت نادرست فرد در طول فعالیت، تعمیر و نگهداری نادرست تجهیزات، عادت‌های بد و از دست دادن

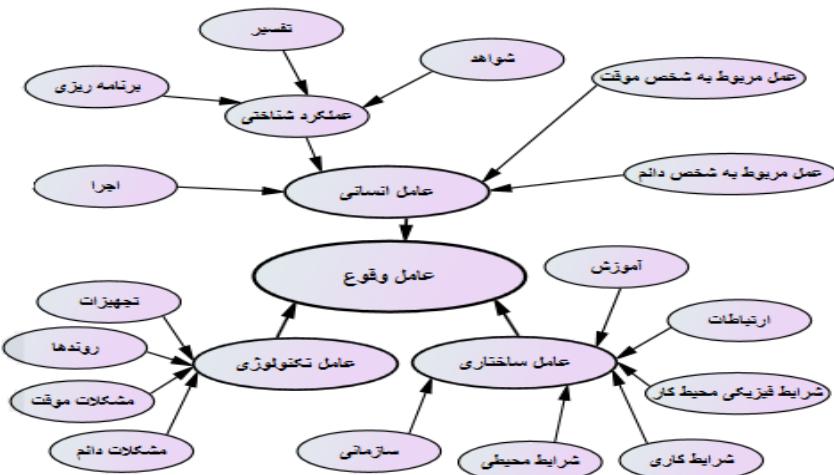
تمرکز و انجام رفتارهای خطرناک هستند. همچنین آنها نشان دادند، در صورت مدیریت صحیح عوامل انسانی و استفاده از ابزار مدیریت ریسک عوامل انسانی میزان حوادث مرتبط با این ریسک‌ها به میزان تقریبی ۳۰ درصد کاهش خواهد یافت.

چن و همکاران در سال ۲۰۱۹، به بررسی ۲۱۲ آتش‌سوزی و انفجار که در صنایع پتروشیمی چین بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۸ رخ داده است، پرداختند. آنها نشان دادند در میان عوامل انسانی مؤثر بر این حوادث، عوامل تخطی از استانداردها، محدودیت‌های غیرحرفه‌ای و بازرسی ناکافی بیشترین تأثیر را بر موقع و گسترش این حوادث داشته‌اند.

ساختار این مقاله در ادامه بدین صورت است. در بخش دوم، عوامل مؤثر بر وقوع یک حادثه با استفاده از نظر خبرگان حوزه بهداشت و ایمنی (HSE) و ارزیابان ریسک که در حوزه انرژی فعالیت می‌کنند، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بخش سوم به پیشنهاد یک الگو برای ارزیابی ریسک‌های موجود در بخش‌های مختلف یک پالایشگاه خواهد پرداخت. تحلیل کمی اطلاعات موجود در بخش چهارم ارائه شده است. بخش پنجم به قیمت‌گذاری محصول بیمه‌ای با استفاده از رویکرد مبتنی بر نرخ و سرمایه بیمه‌نامه خواهد پرداخت. و سرانجام در بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهاد ارائه می‌شود.

۲. بررسی عوامل مؤثر بر وقوع یک حادثه

در این بخش با استفاده از نظرات خبرگان عوامل مؤثر بر وقوع یک حادثه مربوط به سیستم‌های مهندسی با دو نگرش احتمال وقوع و شدت وقوع مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور، بر اساس مرور ادبیات که در بخش قبل و در گزارش پاینده و عطاطلب (۱۳۹۹) ارائه شد، یک پرسشنامه ۶۲ سوالی طراحی گردید. با توجه به این که همواره در ارزیابی و مدیریت ریسک دو جنبه احتمال و شدت وقوع حادثه مورد توجه قرار می‌گیرد، به همین دلیل تأثیر هر گویه از دو نقطه نظر میزان تأثیرگذاری آن گویه بر احتمال وقوع حادثه و شدت وقوع حادثه با استفاده از یک طیف لیکرت ۵ نقطه‌ای، مورد سنجش قرار گرفت. ۶۲ گویه پرسشنامه به سه عامل اصلی «عامل خطای انسانی»، «عامل ساختاری» و «عامل تکنولوژی» و چند عامل فرعی دسته‌بندی شدند. شکل ۱ چگونگی ارتباط میان عوامل فرعی و اصلی و همچنین چگونگی استفاده از این عوامل اصلی سه‌گانه بر اندازه‌گیری احتمال وقوع و شدت وقوع یک حادثه را نشان می‌دهد.



شكل ۱. ساختار نظری تحقیق و چگونگی استفاده از آن برای اندازه‌گیری احتمال وقوع
یا شدت وقوع یک حادثه، از دیدگاه خبرگان

جدول ۱. گویه‌های پرسشنامه

زیرعامل: گویه‌ها	زیرعامل: گویه‌ها
تجهیزات: (۱) خرابی راکتورها، مخازن و تجهیزات؛ (۲) خرابی قطعات؛ (۳) خرابی تجهیزات مربوط به سیستم‌های کنترلی؛ (۴) فرسودگی، خستگی و سایش؛ (۵) انسداد؛ (۶) تخلیه انرژی بر اثر شارژ الکترواستاتیک؛ (۷) عملیات بارگیری و تخلیه تانکر یا بارچ و (۸) خطای نرم‌افزاری	اجرا: (۱) عمل در یک زمان اشتباه؛ (۲) انجام یک عمل اشتباه؛ (۳) تشخیص اشتباه محل و (۴) تشخیص نادرست نوع واکنش: به دلیل فاصله، سرعت، جهت
برنامه‌ریزی: (۱) برنامه ریزی نادقيق و (۲) پروتکل‌ها	برنامه‌ریزی: (۱) برنامه ریزی نادقيق و (۲) اولویت بندی اشتباه
مشکلات موقت: (۱) دسترسی محدود؛ (۲) اطلاعات مبهم و (۳) اطلاعات ناکامل	تفسیر: (۱) تفسیر و تشخیص اشتباه؛ استدلال اشتباه؛ (۲) تصمیم اشتباه؛ (۳) تفسیر همراه با تاخیر و (۴) پیشگویی نادرست

زبرعامل: گویه‌ها	زبرعامل: گویه‌ها
مشکلات دائم: (۱) مشکل دسترسی و (۲) برچسب‌گذاری نادرست	شواهد: (۱) شواهد گم شده؛ (۲) شواهد گمراه کننده و (۳) تشخیص اشتباه
ارتباطات: (۱) خرابی مسیر ارتباطی و (۲) اطلاعات گم شده	عمل مربوط به شخص مؤقت: (۱) خطای حافظه؛ (۲) ترس؛ (۳) حواس پرتی؛ (۴) خستگی؛ (۵) عملکرد متغیر؛ (۶) بی‌توجهی؛ (۷) استرس فیزیکی و (۸) استرس روان-سناختی
سازمانی: (۱) فقدان یا ناکافی بودن سیستم نگهداری و تعمیرات؛ (۲) فقدان یا ناکافی بودن سیستم کنترل کیفیت؛ (۳) مشکل مدیریتی؛ (۴) تشخیص وظیفه نامناسب و (۵) فشارهای اجتماعی	عمل مربوط به شخص دائم: (۱) اختلال در عملکرد؛ (۲) سیک‌سناختی و (۳) تعصب سناختی
شرایط فیزیکی محیط کار: (۱) درجه حرارت؛ (۲) صدا؛ (۳) رطوبت؛ (۴) نور زیاد یا ناکافی و (۵) سایر شرایط نامناسب محیطی	آموزش: (۱) آموزش ناکافی و (۲) دانش ناکافی
شرایط محیطی: (۱) طراحی نامناسب پالایشگاه یا اجزاء آن؛ (۲) نامناسب بودن تجهیزات به کارگرفته شده در پالایشگاه؛ (۳) نامناسب بودن سازه‌ها؛ (۴) نصب نامناسب تجهیزات و (۵) عایق‌کاری نامناسب تجهیزات	شرایط کاری: (۱) شرایط کاری؛ (۲) تقاضای بیش از حد؛ (۳) اندازه نامناسب محل کار؛ (۴) فقدان یا ناکافی بودن تیم پشتیبانی و (۵) ساعت‌کاری نامنظم

پس از طراحی الگوی تحقیق (شکل ۱) و ابزار اندازه‌گیری عوامل (پرسشنامه طراحی شده بر اساس گویه‌های ارائه شده در جدول ۱) و توزیع آن بین ۱۰۰ نفر از خبرگان حوزه بهداشت و ایمنی (HSE) و ارزیابان ریسک که در حوزه انرژی فعالیت می‌کنند، تنها ۲۲ پرسشنامه، که قابل استفاده برای تحلیل بود، حاصل گردید.

برای مطالعه نحوه و نوع تأثیرگذاری متغیرهای شناسایی شده از روش معادله‌یابی معادلات ساختاری استفاده خواهیم کرد.

به زبان ساده می‌توان «معادله‌یابی معادلات ساختاری» را یک روش آماری دانست که به کمک ابزارهای ریاضی و آماری میزان نوع تأثیرگذاری عوامل (و متغیرهای تشکیل دهنده آنها) را بر یکدیگر مطالعه کرده و بر اساس نتایج حاصله یک مدل میدانی برای تبیین نوع و نحوه تأثیرگذاری این عوامل بر یکدیگر ارائه نمود (پایینده و امیدی، ۱۳۹۲). روش‌های مختلفی برای انجام یک معادله‌یابی معادلات ساختاری وجود دارد. در این تحقیق به علت کوچک بودن حجم نمونه از روش تحلیل بیزی استفاده می‌کنیم (پایینده و امیدی، ۱۳۹۲). تحلیل بیزی را می‌توان نوعی روش تحقیق ترکیبی دانست که آماردان با استفاده از اطلاعات حاصل از نمونه تصادفی و اطلاعات اولیه (که از کارشناسان و افراد خبره به دست می‌آید) تحلیل خود را انجام می‌دهد.

جهت انجام روش تحلیل بیزی از نرم افزار آموس استفاده خواهیم کرد. برای این منظور ابتدا مدل نظری ارائه شده در شکل ۱ برای دو مدل مربوط به شدت خسارت و احتمال وقوع خسارت به نرم افزار آموس معرفی می‌شوند. با استفاده از روش بیزی، ساختار نظری ارائه شده در شکل ۱، برای هر دو مدل نظری، مورد تایید قرار گرفت. جدول ۲، ضرایب مسیر تحلیل ساختاری بیزی به همراه بازه اطمینان ۹۵٪ را برای دو مدل نظری (یکی مربوط به عوامل مؤثر بر احتمال وقوع حادثه و دیگر مربوط به عوامل تأثیرگذاری بر شدت وقوع حادثه) نشان می‌دهد. نتایج جدول ۲، حاکی از آن است که در سطح اطمینان ۹۵٪ تمامی مسیرهای هر دو مدل معنی‌دار هستند.

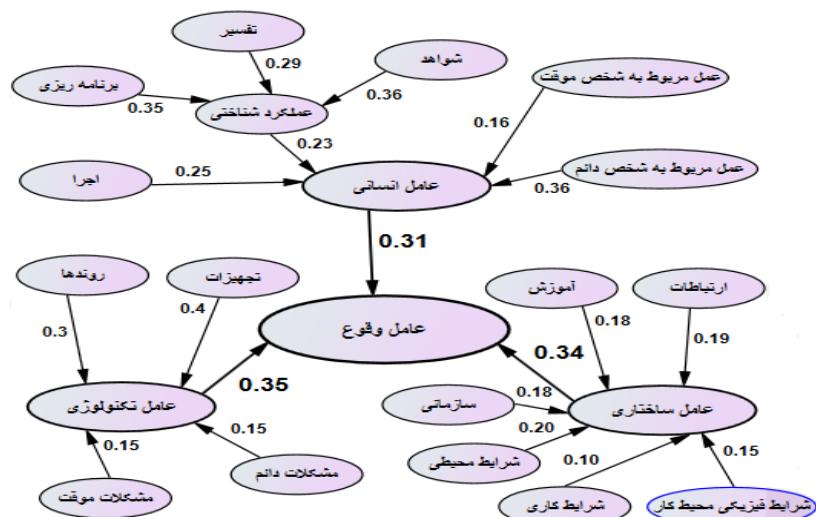
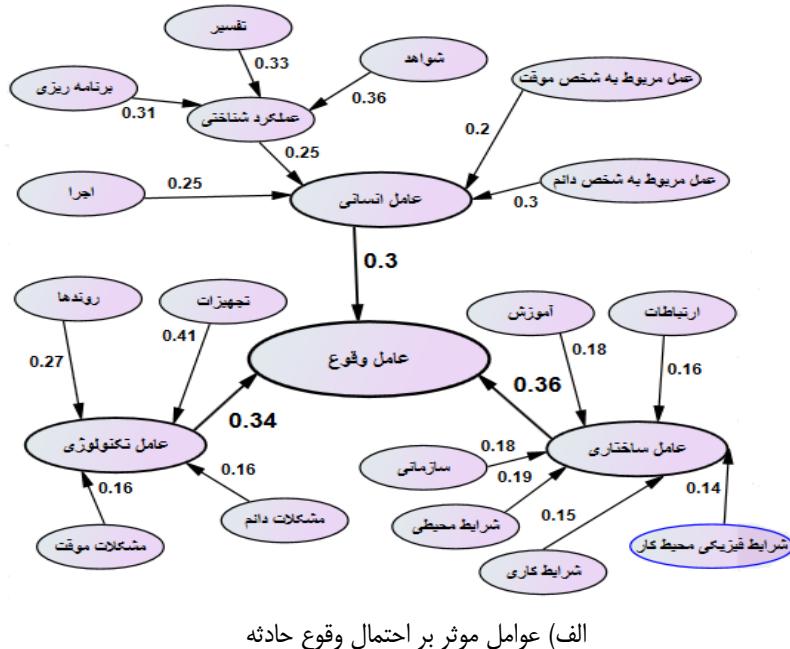
جدول ۲. ضرایب مسیرهای استاندارد شده برای دو مدل نظری تأیید شده

ضریب مسیر استاندارد شده مربوط به زیرعامل به گویه در مدل	احتمال وقوع	گویه‌ها	عامل \rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
شدت وقوع			عامل انسانی \rightarrow اجرا
۰.۲۵۵	۰.۲۵۳	عمل در یک زمان اشتباه	
۰.۲۶۷	۰.۲۶۹	انجام یک عمل اشتباه	
۰.۲۵۱	۰.۲۵۸	تشخیص اشتباه محل	
۰.۲۳۷	۰.۲۲۱	تشخیص نادرست نوع واکنش: به دلیل فاصله، سرعت، جهت	
۰.۵۶۲	۰.۵۵۹	برنامه‌ریزی نادقيق	عامل انسانی \rightarrow عملکرد
۰.۴۳۸	۰.۴۴۱	اولویت‌بندی اشتباه	شناختی \rightarrow برنامه‌ریزی
۰.۲۱۳	۰.۲۱۴	تشخیص اشتباه	
۰.۲۱۲	۰.۲۰۶	استدلال اشتباه	
۰.۲۰۶	۰.۲۰۲	تصمیم اشتباه	عامل انسانی \rightarrow عملکرد
۰.۱۹۷	۰.۱۹۸	تفسیر همراه با تأخیر	شناختی \rightarrow تفسیر
۰.۱۷۱	۰.۱۸۱	پیشگویی نادرست	
۰.۳۵۹	۰.۳۵۷	شواهد گم شده	
۰.۳۲۴	۰.۳۲۹	شواهد گمراه کننده	عامل انسانی \rightarrow عملکرد
۰.۳۱۷	۰.۳۱۴	تشخیص اشتباه	شناختی \rightarrow شواهد
۰.۱۳۶	۰.۱۲۹	خطای حافظه	
۰.۱۱۸	۰.۱۲۹	ترس	
۰.۱۲۳	۰.۱۲۲	حواس پری	
۰.۱۳۲	۰.۱۳۲	خستگی	
۰.۱۲۸	۰.۱۲۸	عملکرد متغیر	عامل انسانی \rightarrow عمل مربوط به شخص موقت
۰.۱۲۵	۰.۱۲۶	بی‌توجهی	
۰.۱۱۵	۰.۱۱۸	استرس فیزیکی	
۰.۱۲۴	۰.۱۱۵	استرس روان‌شناختی	

ضریب مسیر استاندارد شده مربوط به زیرعامل به گویه در مدل		گویه‌ها	عامل \Rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
احتمال وقوع	شدت وقوع		عامل انسانی \rightarrow عمل مربوط به شخص دائم
۰.۳۸۴	۰.۳۷۶	اختلال در عملکرد	عامل تکنولوژی \rightarrow تجهیزات
۰.۳۰۵	۰.۳۱۹	سبک شناختی	
۰.۳۱۱	۰.۳۰۵	تحصیب شناختی	
۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	خرابی راکتورها، مخازن و تجهیزات	
۰.۱۲۳	۰.۱۲۴	خرابی قطعات	
۰.۱۲۴	۰.۱۲۴	خرابی تجهیزات مربوط به سیستم‌های کنترلی	
۰.۱۲۳	۰.۱۲۷	فرسودگی، خستگی و سایش	
۰.۱۳	۰.۱۲۷	انسداد	
۰.۱۲۶	۰.۱۲۲	تخلیه انرژی بر اثر شارژ الکترواستاتیک	
۰.۱۲۹	۰.۱۲۸	عملیات بارگیری و تخلیه تانکر یا بارج	
۰.۱۲۱	۰.۱۲۴	خطای نرم‌افزاری	عامل تکنولوژی \rightarrow روندها
۱	۱	فقدان یا ناکافی بودن روندها، دستورالعمل‌ها یا پروتکل‌ها	
۰.۳۷۵	۰.۳۷۵	دسترسی محدود	
۰.۳۱۸	۰.۳۱۸	اطلاعات مهم	عامل تکنولوژی \rightarrow مشکلات موقعی
۰.۳۰۷	۰.۳۰۷	اطلاعات ناکامل	
۰.۵۰۴	۰.۵۰۲	مشکل دسترسی	
۰.۴۹۶	۰.۴۹۸	برچسب‌گذاری نادرست	عامل تکنولوژی \rightarrow مشکلات دائم
۰.۵۰۳	۰.۴۹۵	خرابی مسیر ارتباطی	
۰.۴۹۷	۰.۵۰۵	اطلاعات گم شده	عامل ساختاری \rightarrow ارتباطات

ضریب مسیر استاندارد شده مربوط به زیرعامل به گویه در مدل	احتمال وقوع	گویه‌ها	عامل \Rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
۰.۲۰۵	۰.۲۰۳	فقدان یا ناکافی بودن سیستم نگهداری	عامل ساختاری \rightarrow سازمانی
۰.۱۹۹	۰.۱۹۴	فقدان یا ناکافی بودن سیستم کنترل کیفیت	
۰.۲۰۴	۰.۲۰۵	مشکل مدیریتی	
۰.۱۹۶	۰.۱۹۹	تخصیص وظیفه نامناسب	
۰.۱۹۶	۰.۱۹۹	فشارهای اجتماعی	
۰.۵۰۸	۰.۵۰۸	آموزش ناکافی	
۰.۴۹۲	۰.۴۹۲	دانش ناکافی	
۰.۲۱	۰.۲۱	درجه حرارت	
۰.۲۱	۰.۲۱	صدا	
۰.۲۱	۰.۲۱	رطوبت	
۰.۱۶	۰.۱۵۸	نور زیاد یا ناکافی	عامل ساختاری \rightarrow شرایط محیطی
۰.۲۱	۰.۲۱	سایر شرایط نامناسب محیطی	
۰.۲۸۵	۰.۲۹۴	تقاضای بیش از حد	
۰.۲۸۷	۰.۲۸۸	اندازه نامناسب محل کار	
۰.۲۶۹	۰.۲۶	فقدان یا ناکافی بودن تیم پشتیبانی	
۰.۱۵۸	۰.۱۵۸	ساعات کاری نامنظم	
۰.۱۹۳	۰.۱۹۲	درجه حرارت	
۰.۲۰۵	۰.۲۰۶	صدا	
۰.۲۰۵	۰.۲۰۵	رطوبت	
۰.۲۰۵	۰.۲۰۲	نور زیاد یا ناکافی	
۰.۱۹۲	۰.۱۹۵	سایر شرایط نامناسب محیطی	

شکل ۲ به ترتیب ضرایب استانداردشده برای مدل نظری مبتنی بر تأثیرگذاری بر احتمال وقوع حادثه و تأثیرگذاری بر شدت وقوع حادثه را نشان می‌دهند.



شکل ۲: مدل های تایید شده در مورد عوامل موثر بر احتمال وقوع حادثه و شدت وقوع حادثه

با توجه به شکل ۲ می‌توان گفت: (۱) عامل ساختاری و عامل تکنولوژی به ترتیب بیشترین تأثیر را بر احتمال وقوع یک حادثه می‌گذارند؛ (۲) در میان زیرعاملهای تشکیل دهنده «عامل تکنولوژی» زیرعاملهای «تجهیزات» و «روندها» به ترتیب بیشترین تأثیر را بر احتمال وقوع یک حادثه می‌گذارند؛ (۳) در میان زیرعاملهای تشکیل دهنده «عامل خطای انسانی» زیرعامل «عمل مربوط به شخص دائم» بیشترین تأثیر را بر احتمال وقوع یک حادثه می‌گذارد؛ (۴) در میان زیرعاملهای تشکیل دهنده «عامل ساختاری» زیرعامل «شرایط محیطی» بیشترین تأثیر را بر احتمال وقوع یک حادثه می‌گذارد؛ (۵) عامل تکنولوژی و عامل ساختاری به ترتیب بیشترین تأثیر را بر شدت وقوع یک حادثه می‌گذارند؛ (۶) در میان زیرعاملهای تشکیل دهنده «عامل تکنولوژی» زیرعاملهای «تجهیزات» و «روندها» به ترتیب بیشترین تأثیر را بر شدت وقوع یک حادثه می‌گذارند؛ (۷) در میان زیرعاملهای تشکیل دهنده «عامل ساختاری» زیرعامل «عمل مربوط به شخص دائم» بیشترین تأثیر را بر شدت وقوع یک حادثه می‌گذارد و (۸) در میان زیرعاملهای تشکیل دهنده «عامل ساختاری» زیرعامل «شرایط محیطی» بیشترین تأثیر را بر شدت وقوع یک حادثه می‌گذارد.

اکنون با استفاده از ضرایب مسیر استاندارد شده (ارائه شده در جدول ۲ و شکل ۲) می‌توان اثر کل هر گویه را بر احتمال وقوع یا شدت وقوع یک حادثه محاسبه نمود. جدول ۳ این اثر کل را به صورت درصدی ارائه می‌کند.

جدول ۳: درصد اثر کل گویه بر احتمال وقوع و شدت وقوع حادثه

درصد اثر کل گویه در مدل		گویه‌ها	عامل اصلی \rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
شدت وقوع حداده	احتمال وقوع حداده		
۲	۱.۹	عمل در یک زمان اشتباہ	عامل انسانی \rightarrow اجرا
۲.۱	۲	انجام یک عمل اشتباہ	
۱.۹	۱.۹	تشخیص اشتباہ محل	
۱.۸	۱.۷	تشخیص نادرست نوع واکنش: به دلیل فاصله، سرعت، جهت	
۱.۴	۱.۳	برنامه‌ریزی نادقيق	

درصد اثرکل گویه در مدل			عامل اصلی \rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
شدت وقوع حادثه	احتمال وقوع حادثه	گویه‌ها	
۱.۱	۱	اولویت‌بندی اشتباه	عامل انسانی \rightarrow عملکرد شناختی \rightarrow برنامه‌ریزی
۰.۴	۰.۵	تشخیص اشتباه	
۰.۴	۰.۵	استدلال اشتباه	
۰.۴	۰.۵	تصمیم اشتباه	
۰.۴	۰.۵	تفسیر همراه با تأخیر	
۰.۴	۰.۴	پیشگویی نادرست	
۰.۹	۱	شواهد گم شده	
۰.۸	۰.۹	شواهد گمراه کننده	
۰.۸	۰.۸	تشخیص اشتباه	
۰.۷	۰.۸	خطای حافظه	
۰.۶	۰.۸	ترس	عامل انسانی \rightarrow عمل مریبوط به شخص موقع
۰.۶	۰.۷	حواس پرتوی	
۰.۷	۰.۸	خستگی	
۰.۶	۰.۸	عملکرد متغیر	
۰.۶	۰.۸	بی توجهی	
۰.۶	۰.۷	استرس فیزیکی	
۰.۶	۰.۷	استرس روان‌شناختی	
۴.۳	۳.۴	اختلال در عملکرد	
۳.۴	۲.۹	سبک شناختی	
۳.۵	۲.۷	تعصب شناختی	
۱.۸	۱.۷	خرابی راکتورها، مخازن و تجهیزات	عامل انسانی \rightarrow عمل مریبوط به شخص دائم
۱.۷	۱.۷	خرابی قطعات	
۱.۷	۱.۷	خرابی تجهیزات مریبوط به سیستم‌های کنترلی	
۱.۷	۱.۸	فرسودگی، خستگی و سایش	

درصد اثرکل گویه در مدل			عامل اصلی \rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
شدت وقوع حداده	احتمال وقوع حداده	گویه‌ها	
۱.۸	۱.۸	انسداد	عامل اصلی \rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
۱.۸	۱.۷	تخليه انرژی بر اثر شارژ الکترواستاتیک	
۱.۸	۱.۸	عملیات بارگیری و تخليه تانکر یا بارچ	
۱.۷	۱.۷	خطای نرم‌افزاری	
۱۰.۵	۹.۲	فقدان یا ناکافی بودن روندها، دستورالعمل‌ها یا پروتکل‌ها	عامل تکنولوژی \rightarrow روندها
۲	۲	دسترسی محدود	عامل تکنولوژی \rightarrow مشکلات موقت
۱.۷	۱.۷	اطلاعات مهم	
۱.۶	۱.۷	اطلاعات ناکامل	
۲۶	۲.۷	مشکل دسترسی	عامل تکنولوژی \rightarrow مشکلات دائم
۲۶	۲.۷	برجسب‌گذاری نادرست	
۳.۲	۲.۹	خرابی مسیر ارتباطی	
۳.۲	۲.۹	اطلاعات گم‌شده	عامل ساختاری \rightarrow ارتباطات
۱.۳	۱.۳	فقدان یا ناکافی بودن سیستم نگهداری	عامل ساختاری \rightarrow سازمانی
۱.۲	۱.۳	فقدان یا ناکافی بودن سیستم کنترل کیفیت	
۱.۲	۱.۳	مشکل مدیریتی	
۱.۲	۱.۳	تخصیص وظیفه نامناسب	
۱.۲	۱.۳	فشارهای اجتماعی	
۳.۱	۳.۳	آموزش ناکافی	عامل ساختاری \rightarrow آموزش
۳	۳.۲	دانش ناکافی	
۱.۴	۱.۴	درجه حرارت	
۱.۴	۱.۴	صدا	عامل ساختاری \rightarrow شرایط محیطی
۱.۴	۱.۴	رطوبت	
۱.۱	۱.۱	نور زیاد یا ناکافی	
۱.۴	۱.۴	سایر شرایط نامناسب محیطی	

درصد اثرکل گویه در مدل		گویه‌ها	عامل اصلی \rightarrow زیر عامل (اول و دوم)
شدت وقوع حادثه	احتمال وقوع حادثه		
۱	۱۶	تفاضلی بیش از حد	عامل ساختاری \rightarrow شرایط کاری
۱	۱۶	اندازه نامناسب محل کار	
۰.۹	۱.۴	فقدان یا ناکافی بودن تیم پشتیبانی	
۰.۵	۰.۹	ساعت‌کاری نامنظم	
۱	۱	درجه حرارت	عامل ساختاری \rightarrow شرایط فیزیکی
۱	۱	صدا	
۱	۱	رطوبت	
۱	۱	نور زیاد یا ناکافی	محیط کار
۱	۱	سایر شرایط نامناسب محیطی	

با استفاده از اثرکل ارائه شده در جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت: (۱) فقدان یا ناکافی بودن روندها- دستورالعمل‌ها یا پروتکل‌ها، اختلال در عملکرد شخص دائم، آموزش ناکافی و دانش ناکافی کارکنان به ترتیب بیشترین تأثیر را بر احتمال وقوع یک حادثه می‌گذارد و (۲) فقدان یا ناکافی بودن روندها، دستورالعمل‌ها یا پروتکل‌ها، اختلال در عملکرد شخص دائم و تعصب شناختی شخص دائم به ترتیب بیشترین تأثیر را بر شدت وقوع یک حادثه می‌گذارد

۳. پیشنهاد یک الگو برای ارزیابی ریسک‌های موجود در بخش‌های مختلف یک پالایشگاه

این بخش با استفاده از نتایج تحقیق انجام شده در بخش قبل، یک الگوی جدید برای ارزیابی ریسک‌های یک پالایشگاه ارائه می‌کند. بر اساس مطالعه میدانی انجام شده در این تحقیق، محقق به این نتیجه رسید که متأسفانه در حال حاضر یک رویکرد دقیق و علمی برای ارزیابی ریسک‌های یک پالایشگاه نفت یا گاز وجود ندارد. در رویکرد فعلی ارزیاب بعد از مراجعه حضوری به پالایشگاه و مشاهده بخش‌های مختلف آن، اقدام به تهیه یک گزارش می‌کند. در این گزارش ارزیاب بعد از معرفی کلی پالایشگاه به معرفی اجزاء پالایشگاه می‌پردازد. در هنگام معرفی هر جزء نظر خود را در مورد ریسک‌های آن ارائه و در انتهای

آن بخش توصیه‌هایی در سه سطح ارائه می‌کند. متأسفانه به دلیل فقدان یک دستورالعمل مدون و واحد ممکن است نحوه ارزیابی و ارائه توصیه‌های ارزیابی بسیار ذهنی باشد. به عبارت دیگر با تغییر ارزیاب ممکن است توصیه ارزیابی تغییر پیدا کند. لذا در این بخش سعی شده است، یک دستورالعمل پیشنهادی برای این ارزیابی ارائه شود.

۱-۳. چگونگی ارزیابی ریسک‌های یک سیستم

ارزیابی ریسک یک روند رسمی و منظم برای شناسایی و اندازه‌گیری احتمال وقوع و شدت وقوع خسارت‌های مرتبط با آن ریسک است (مدرس، ۲۰۱۶).

واضح است بدون ارزیابی ریسک‌های یک سیستم نمی‌توان در مورد مدیریت ریسک‌های آن سیستم یک بحث علمی انجام داد. کاپلن و گریک (۱۹۸۱) برای ارزیابی ریسک‌های یک سیستم سه گام اساسی زیر را توصیه کردند:

۱. شناسایی ریسک‌های سیستم؛ در این گام با استفاده از مورور ادبیات و تحقیقات مشابه ریسک‌های سیستم احصاء می‌شوند.

۲. ارزیابی احتمال وقوع خسارت مرتبط با ریسک‌ها؛ در این گام با استفاده از یک رویکرد کمی احتمال وقوع هر یک از ریسک‌ها اندازه‌گیری می‌شوند. معمولاً احتمال وقوع هر ریسک در قالب یک متغیر ترتیبی با طیف لیکرت گزارش می‌شود.

۳. ارزیابی شدت خسارت‌های هر ریسک در صورت وقوع آن؛ در این گام شدت خسارت مرتبط با هر ریسکی که اتفاق می‌افتد، مشخص می‌شود. همانند احتمال وقوع، شدت خسارت‌های مرتبط با هر ریسک نیز معمولاً در قالب یک متغیر ترتیبی گزارش می‌شود.

بعد از طی کردن سه گام بالا، اطلاعات احصاء شده را باید با هم迪گر ترکیب کرده و نمره ارزیابی ریسک‌های آن سیستم محاسبه شود. بنابراین می‌توان نمره ارزیابی ریسک‌های یک سیستم را تابعی از احتمال وقوع و شدت وقوع خسارت‌های مرتبط با ریسک‌های آن سیستم دانست. برای مثال اگر برای یک سیستم تعداد K ریسک احصاء شده باشد، همچنین اگر p_i و c_i به ترتیب احتمال وقوع و شدت وقوع خسارت‌های مرتبط با ریسک i م باشد، نمره ارزیابی ریسک‌های این سیستم تابعی به فرم $f((p_1, c_1), \dots, (p_K, c_K))$ خواهد بود.

واضح است برای مشخص کردن نمره ارزیابی ریسک‌های یک سیستم فرم ریاضی تابع f باید دقیقاً معلوم باشد. روش‌های بسیار متعددی برای تعیین تابع f وجود دارد، شاید بتوان گفت ساده‌ترین فرم این تابع به صورت

$$f(\{(p_1, c_1), \dots, (p_K, c_K)\}) = \sum_{i=1}^K \omega_i p_i * \sum_{i=1}^K a_i c_i \quad (1)$$

است. که در آن ضرایب ω_i و a_i اعداد نامنفی هستند که در دو شرط ۱ و

$$\sum_{i=1}^K a_i = 1 \quad \text{صدق می‌کنند.}$$

بعد از تعیین مقدار نمره ارزیابی باید مقدار بهدست آمده را در قالب یک دستورالعمل اجرایی خلاصه کنیم. این دستورالعمل اجرایی می‌تواند مبنای مدیریت ریسک‌های ارزیابی شده آن سیستم باشد. یکی از ساده‌ترین رویکردها برای احصاء این دستورالعمل اجرایی، استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری یا ماتریس ارزیابی ریسک است (روساند، ۲۰۱۳). روند ارزیابی ریسک‌های یک سیستم را می‌توان به صورت گام‌های زیر بیان نمود:

۱. احصاء و تعیین ریسک‌های مرتبط با آن سیستم
۲. اندازه‌گیری احتمال وقوع خسارت مرتبط با هر ریسک
۳. اندازه‌گیری شدت وقوع خسارت مرتبط با هر ریسک
۴. ارائه دستورالعمل نمره‌دهی ریسک‌های آن سیستم
۵. ارائه دستورالعمل خلاصه‌سازی نتیجه بدست آمده از گام چهارم و ارائه راهکار مدیریت ریسک‌های آن سیستم.

گام‌های ۱، ۲ و ۳ در بخش دوم این تحقیق انجام شده است لذا در بخش بعدی دو گام باقی مانده ارائه می‌شوند.

۲-۳. دستورالعمل ارزیابی ریسک‌های مرتبط با بخش‌های پالایشگاه‌های نفت و گاز در حال بهره‌برداری

همان‌گونه که در بخش قبلی گفته شد، پیش از ارزیابی ریسک‌های یک سیستم، احتمال وقوع و شدت وقوع ریسک‌های آن سیستم (که در گام ۱ احصاء شده‌اند) باید اندازه‌گیری شوند. روش‌های بسیار زیادی برای اندازه‌گیری این دو کمیت وجود دارد. در حوزه ریسک‌های مرتبط با نفت و گاز روش‌های نظری

شبکه‌های بیزی توسط محققان توصیه شده است (وین نم، ۲۰۱۴). متأسفانه برای استفاده از این ابزار آماری نیازمند اطلاعات بسیار دقیق به همراه جزئیات هستیم. به دلیل ناکافی بودن اطلاعات کمی، در این تحقیق، یک رویکرد کیفی که با استفاده از نظر خبرگان بهدست آمده است، دنبال می‌شود. در این رویکرد کیفی، ابتدا با استفاده از نظر خبرگان صنعت، ریسک‌های احصاء شده با دو رویکرد احتمال و قوع و شدت وقوع نمره‌دهی می‌شوند. سپس با استفاده از روش معادله‌یابی معادلات ساختاری، وزن‌های دوتابع خلاصه‌سازی معادله (۱) بهدست می‌آیند. در ادبیات مدیریت ریسک این رویکرد را رویکرد چکلیست می‌گویند. اداره حمل و نقل آمریکا این رویکرد را برای اندازه‌گیری احتمال و شدت خسارت‌های مرتبط با ریسک‌های حوزه نفت و گاز توصیه کرده است (ABS، ۲۰۰۰).

وزن‌های رویکرد چکلیست به شرح جدول ۴ محاسبه و ارائه شده‌اند.

جدول ۴. ضرایب مربوط به احتمال و شدت وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل

عامل	از زیبایی با استفاده از گویه‌های:	ضرایب مربوط به احتمال وقوع هر عامل	ضرایب مربوط به احتمال وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل	ضرایب مربوط به احتمال وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل
اجرای فرد مسئول	خطای فرد مسئول به دلیل انجام اجرای اشتباه نظریه: تشخیص اشتباه، تشخیص نادرست زمان انجام عمل، تشخیص نادرست نوع واکنش	۰.۰۷۷۵	۰.۰۷۵۰	۰.۰۷۷۵
عملکرد شناختی فرد مسئول	خطای فرد مسئول به دلیل عملکرد شناختی نادقيق نظریه: برنامه‌ریزی نادقيق، اولویت‌بندی اشتباه، استدلال اشتباه، تصمیم اشتباه، تفسیر همراه با تاخیر، پیشگویی نادرست، وجود شواهد ناکافی یا گمراه کننده	۰.۰۷۱۳	۰.۰۷۵۰	۰.۰۷۱۳
عمل مربوط به شخص موقت	خطای فرد موقت به دلیل: خطای حافظه، ترس، حواس پرتی، خستگی، عملکرد متغیر، بی‌توجهی، استرس	۰.۰۴۹۶	۰.۰۶۰۰	۰.۰۴۹۶
عمل مربوط به شخص دائم	خطای فرد موقت به دلیل: اختلال در عملکرد، سبک شناختی، تعصب شناختی	۰.۱۱۱۶	۰.۰۹۰۰	۰.۱۱۱۶

عامل	ارزیابی با استفاده از گویه‌های: خطای تجهیزات نظیر: خرابی راکتورها، مخازن و تجهیزات، خرابی قطعات، خرابی تجهیزات مربوط به سیستم‌های کنترلی و پشتیبانی، وجود فرسودگی، خستگی و سایش، وجود انسداد، تخلیه انرژی بر اثر شارژ الکترواستاتیک، خطا در عملیات بارگیری و تخلیه تانکر یا بارچ، خطای نرم‌افزاری	وقوع هر عامل	ضرایب مربوط به احتمال	ضرایب مربوط به شدت وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل
تجهیزات	خطای تجهیزات نظیر: خرابی راکتورها، مخازن و تجهیزات، خرابی قطعات، خرابی تجهیزات مربوط به سیستم‌های کنترلی و پشتیبانی، وجود فرسودگی، خستگی و سایش، وجود انسداد، تخلیه انرژی بر اثر شارژ الکترواستاتیک، خطا در عملیات بارگیری و تخلیه تانکر یا بارچ، خطای نرم‌افزاری	۰.۱۳۹۴	۰.۱۴۰۰	وقوع هر عامل
روندها	خطا به دلیل فقدان یا ناکافی بودن روندها، دستورالعمل‌ها یا پروتکل‌ها	۰.۰۹۱۸	۰.۱۰۵۰	ضرایب مربوط به احتمال
مشکلات موقت	خطا به دلیل وجود مشکلات موقت نظیر: دسترسی محدود، اطلاعات مبهم و ناکامل	۰.۰۵۴۴	۰.۰۵۲۵	ضرایب مربوط به شدت وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل
مشکلات دائم	خطا به دلیل وجود مشکلات دائم نظیر: مشکل دسترسی، برچسب‌گذاری نادرست	۰.۰۵۴۴	۰.۰۵۲۵	ضرایب مربوط به احتمال
ارتباطات	عدم وجود ارتباط مناسب به دلیل: خرابی یا عدم وجود مسیر ارتباطی، اطلاعات گم شده	۰.۰۵۷۶	۰.۰۶۴۶	ضرایب مربوط به شدت وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل
سازمانی	وجود مشکلات سازمانی نظیر: فقدان یا ناکافی بودن سیستم نگهداری، سیستم کنترل کیفیت، مشکل مدیریتی، تخصیص نامناسب وظایف، وجود فشارها و استرس بر کارکنان	۰.۰۶۴۸	۰.۰۶۱۲	ضرایب مربوط به احتمال
آموزش	مشکلات آموزشی نظیر: آموزش ناکافی کارکنان (قبل و بعد از استخدام)، دانش ناکافی کارکنان	۰.۰۶۴۸	۰.۰۶۱۲	ضرایب مربوط به شدت وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل

ضرایب مربوط به شدت وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل	ضرایب مربوط به احتمال وقوع حادثه در صورت وقوع هر عامل	ارزیابی با استفاده از گویه‌های: وجود شرایط نامناسب محیطی کارخانه یا پالایشگاه نظیر؛ درجه حرارت، صدا، رطوبت، نور زیاد یا ناکافی، سایر شرایط نامناسب محیطی	عامل
۰.۰۶۸۰	۰.۰۶۸۴	وجود شرایط نامناسب محیطی کارخانه یا پالایشگاه نظیر؛ درجه حرارت، صدا، رطوبت، نور زیاد یا ناکافی، سایر شرایط نامناسب محیطی	شرایط محیطی
۰.۰۳۴۰	۰.۰۵۴۰	وجود شرایط نامناسب کاری برای کارکنان نظیر؛ تقاضای بیش از حد، نامناسب بودن فضا و اندازه محل کار، فقدان یا ناکافی بودن تیم پشتیبانی، وجود ساعات کاری نامنظم	شرایط کاری
۰.۰۵۱۰	۰.۰۵۰۴	وجود شرایط نامناسب فیزیکی در محیط کار کارکنان نظیر؛ درجه حرارت، صدا، رطوبت، نور زیاد یا ناکافی، سایر شرایط نامناسب محیطی	شرایط فیزیکی محیط کار

لازم به ذکر است: ارزیابان ریسک می‌تواند در کنار استفاده از گویه‌های ذکر شده در جدول ۴ از ابزارهای جانبی دیگری نیز استفاده کنند.

۳-۳. دستورالعمل خلاصه‌سازی و ارائه توصیه در مورد پذیرش ریسک‌های مرتبط با بخش‌های پالایشگاههای نفت و گاز در حال بهره‌برداری

بعد از ارائه یک روش کمی برای اندازه‌گیری احتمال و شدت وقوع ریسک‌های یک سیستم، با استفاده از معادله (۱) نمره ارزیابی ریسک‌های آن سیستم محاسبه می‌شود. سرانجام با استفاده از روش ماتریس ارزیابی دستورالعمل مدیریت ریسک‌های آن سیستم پیشنهاد می‌شود. جدول ۵ ماتریس ارزیابی که توسط محقق پیشنهاد شده است، را ارائه می‌کند.

جدول ۵. ماتریس ارزیابی ریسک، پیشنهادی محقق

B=احتمال وقوع حادثه (محاسبه بر اساس جدول ۴)					ماتریس ارزیابی ریسک
بسیار کم (B ≤ 1)	کم (B ∈ (1,2])	متوسط (B ∈ (2,3])	زياد (B ∈ (3,4])	بسیار زياد (B > 4)	
R_2	R_2	R_1	R_1	R_1	فاجعه‌آمیز (A > 4)
R_3	R_2	R_2	R_1	R_1	بزرگ (A ∈ (3,4])
R_3	R_3	R_2	R_2	R_1	متوسط ((2,3]
R_3	R_3	R_3	R_2	R_2	کم (A ∈ (1,2])
R_3	R_3	R_3	R_3	R_2	بسیار کم (A ≤ 1)

ماتریس ارزیابی جدول ۵ ریسک‌ها را در سه قالب بحرانی (R_1 ، متوسط (R_2) و قابل قبول (R_3)) دسته‌بندی می‌کند. این دسته‌بندی از دیدگاه یک ارزیاب بیمه، که می‌خواهد در مورد پذیرش یا عدم پذیرش یک درخواست خرید بیمه تصمیم‌گیری کند، می‌تواند به صورت پذیرش ریسک (توصیه R_3)، پذیرش ریسک با افزایش حق بیمه (توصیه R_2) و عدم پذیرش ریسک (توصیه R_1) به بیمه‌گر باشد.

۴. تحلیل کمی اطلاعات موجود

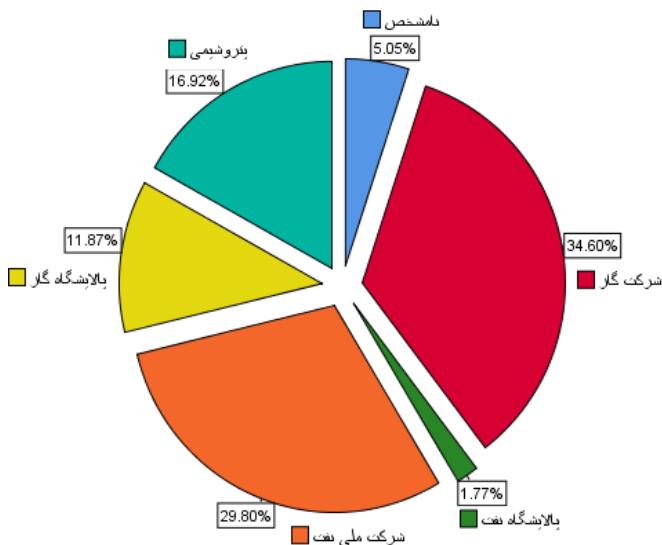
داده‌های مورد استفاده در این مقاله، اطلاعات مربوط به صدور و خسارت بیمه‌نامه‌های صادره بین سال ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۷ شرکت بیمه ایران و بیمه مرکزی می‌باشد. بعد از ارائه توصیف اجمالی از داده‌ها، توزیع شدت خسارت‌ها و توزیع سرمایه بیمه‌نامه‌ها را محاسبه می‌کنیم. سپس با نرخ‌های رسمی تورم،

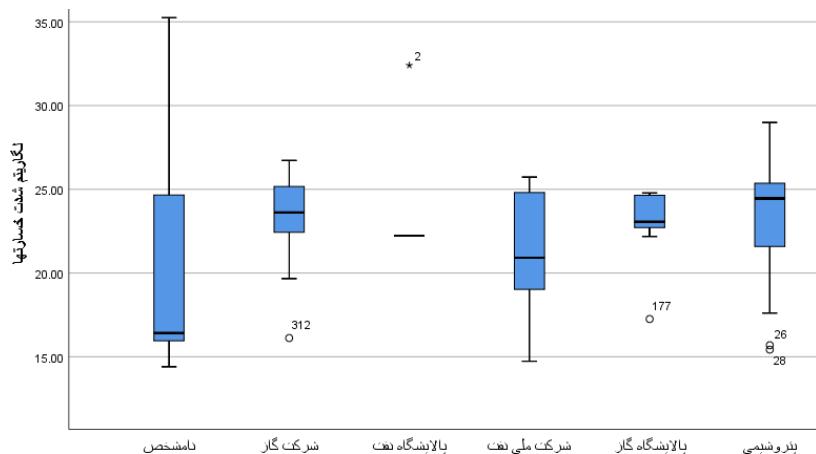
اعلام شده توسط بانک مرکزی، مدل زمانی تورم را مشخص و به کمک آن متوسط شدت خسارت‌ها و متوسط سرمایه بیمه‌نامه‌ها برای سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ پیش‌گویی می‌شوند.

۱-۴. توصیف داده‌ها

متأسفانه در اطلاعات ثبت شده در پایگاه داده‌ها در کنار شدت هر خسارت، تنها اطلاعاتی اندکی ثبت شده است. در این بخش با استفاده از ابزارهای آماری به مقایسه شدت خسارت‌ها برای هر دسته می‌پردازیم. لازم به ذکر است در صورت در دسترس بودن اطلاعات کمکی کامل‌تر، این تحقیق می‌توانست به خوبی عوامل مؤثر را احصاء و در قیمت‌گذاری از آنها استفاده کند. با توجه به این که برخی از مقادیر خسارت‌ها بسیار بزرگ هستند، بنابراین ابتدا از داده‌ها لگاریتم گرفته و با لگاریتم آن‌ها کار می‌کنیم.

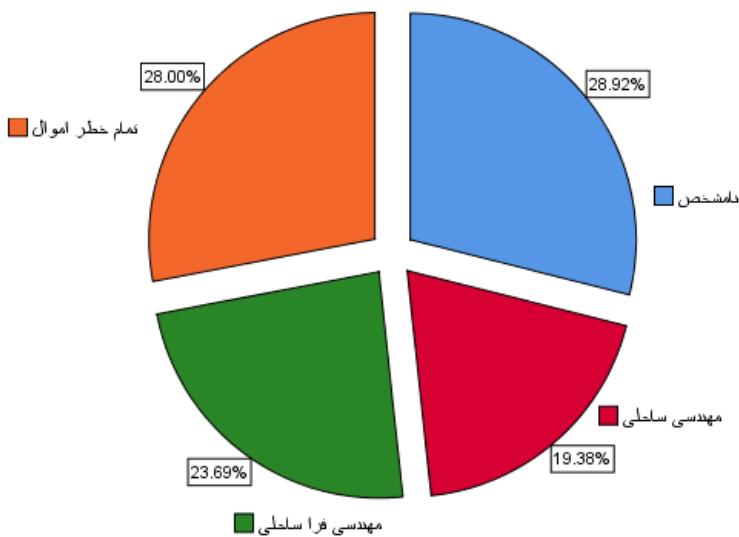
شکل ۳ سهم هریک از بیمه‌گذاران را از تعداد و (لگاریتم) شدت خسارت‌های تولید شده نشان می‌دهد.

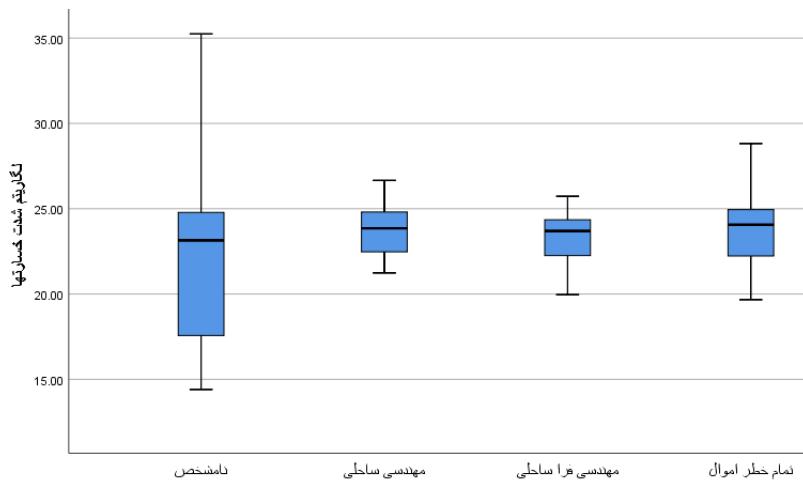




شکل ۳: سهم هریک از بیمه‌گذاران در تعداد و (لگاریتم) شدت خسارت‌های تولید شده

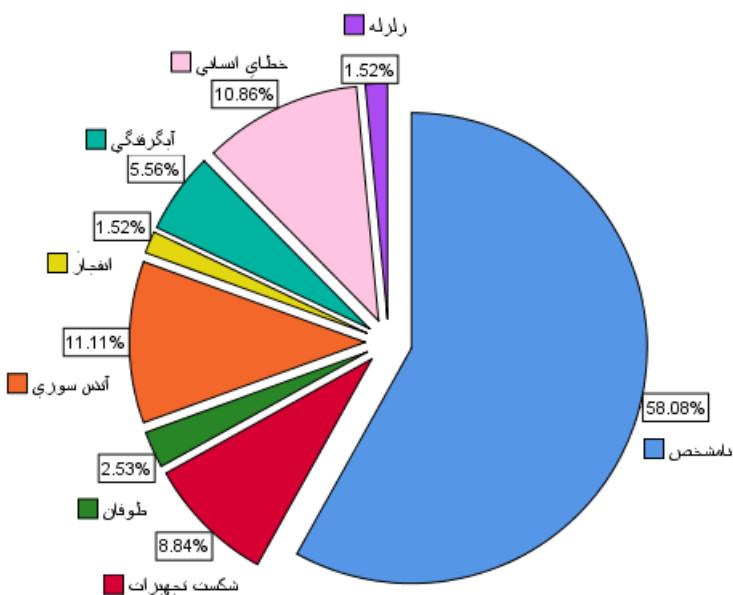
داده‌های اخذ شده مربوط به بیمه‌نامه‌های مربوط به بھرده برداری هستند. این قراردادها به سه صورت ساحلی، فراساحلی و تمام خطر اموال در پاگاه داده‌ها ثبت شده‌اند. شکل ۴ سهم هریک از قراردادها را از تعداد و (لگاریتم) شدت خسارت‌های تولید شده نشان می‌دهد.

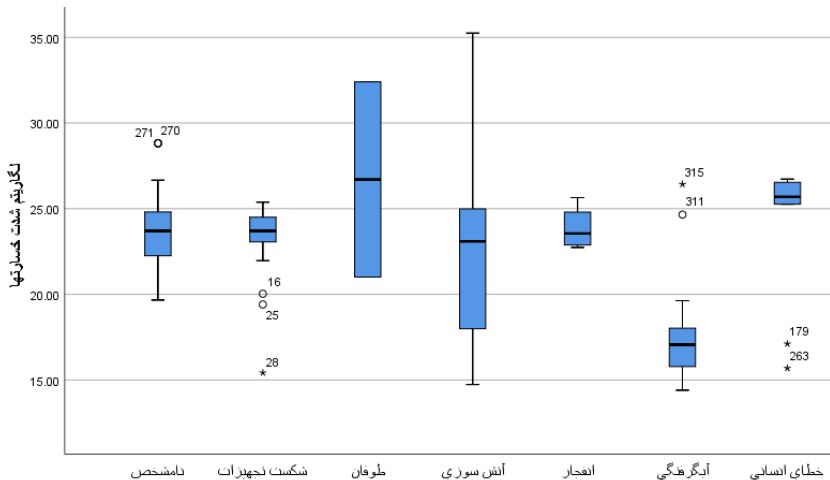




شکل ۴. سهم هریک از قراردادها در تعداد و (لگاریتم) شدت خسارت‌های تولید شده

در پایگاه داده‌ها علاوه بر شدت خسارت‌ها دلیل وقوع حادثه نیز ثبت می‌شود. شکل ۵ دلایل ثبت شده برای وقوع خسارت به همراه (لگاریتم) شدت خسارت را نشان می‌دهد.



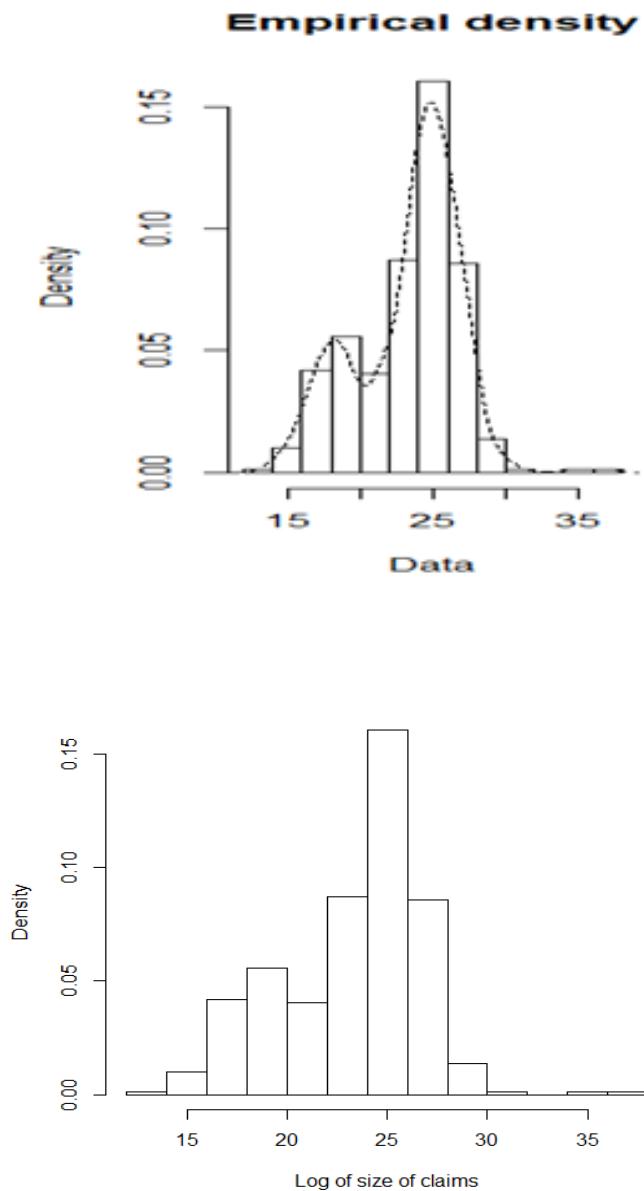


شکل ۵. دلایل ثبت شده برای وقوع خسارت به همراه (لگاریتم) شدت خسارت

علی‌رغم تلاش زیاد محققان، با توجه به ناکافی بودن حجم اطلاعات، رویکردهای مبتنی بر روش‌های رگرسیونی از نیکویی برآش قابل قبول برخودار نشده‌اند. بنابراین برای ادامه کار، با استفاده از نرخ‌های تورم رسمی اعلام شده، ابتدا ارزش زمانی خسارت‌ها و سرمایه بیمه‌نامه‌ها را برای ابتدای سال ۱۳۹۸ محاسبه می‌کنیم. سپس برای لگاریتم ارزش زمانی خسارت‌ها و سرمایه بیمه‌نامه‌ها دو توزیع آماری مناسب پیدا می‌کنیم. دو بخش بعدی به این کار می‌پردازد.

۲-۴. برآش توزیع به ارزش زمانی شدت خسارت‌ها

شکل ۶ نمودارهای هیستوگرام وتابع چگالی تجربی برآش شده به لگاریتم ارزش زمانی شدت خسارت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۶. نمودارهای هیستوگرام و تابع چگالی تجربی برآش شده

با توجه به نمودارهای هیستوگرام و تابع چگالی تجربی برآش شده، به نظر نمی‌رسد بتوان یک تک توزیع مناسب را برای کل تکیه‌گاه داده‌ها پیدا نمود. برای پیدا کردن توزیع مناسب برای داده‌ها با مراجعه به نمودار تابع چگالی تجربی برآش شده، تکیه‌گاه را به نقاط زیر برش داده و توزیع هر بخش را پیدا می‌کنیم. نقطه‌های برش و معیارهای نیکویی برآش توزیع‌های کاندید شده برای داده‌ها به شرح جدول ۶ می‌باشد.

جدول ۶. معیارهای نیکویی برآش توزیع‌های کاندید شده برای لگاریتم ارزش زمانی شدت خسارت‌ها

معیارهای نیکویی برآش	نام توزیع	معیارهای نیکویی برآش برای		
BIC	AIC	اندرسون‌دارلینگ	ون نیومون	کلموگروف‌اسمیرنف
۱۱۷.۰۶۱۳	۱۱۳.۵۸۶۰	۰.۸۷۲۳۵۹۱	۰.۱۳۴۷۹۳۳	۰.۱۲۸۲۳۵۰
۱۲۳.۳۸۰۱	۱۱۹.۹۰۴۷	۱.۲۶۹۰.۹۴۴	۰.۱۶۸۶۴۵۵	۰.۱۳۱۵۴۹۲
۱۲۷.۲۲۲۱	۱۲۳.۷۴۶۷	۱.۸۵۳۱۰.۸۶	۰.۳۴۸۱۵۴۹	۰.۲۰۶۷۳۰۵
۱۲۴۵۶۶۰	۱۲۱.۱۹۰۶	۱.۶۱۴۱۵۷۸	۰.۲۹۸۹۰.۳۴	۰.۱۹۲۸۵۷۱
۱۲۶.۳۲۵۹	۱۲۲.۸۵۰۶	۱.۷۷۱۲۰.۹۰	۰.۳۳۱۲۸۱۶	۰.۲۰۲۱۵۴۷
۸۶.۷۳۱۷۹	۸۳.۱۶۴۳۴۱	۱.۲۷۷۲۷۴۹	۰.۱۹۹۷۴۰۱	۰.۱۶۰۴۴۳۸
۸۰.۹۹۲۷۲	۷۷.۴۲۴۴۳۴	۰.۶۱۷۳۱۲۹۱	۰.۰۶۷۸۳۰۶۸	۰.۰۰۸۸۲۲۸۸۸
۷۸.۰۳۶۵۱	۷۴.۴۶۸۱۳	۰.۶۳۵۳۶۶۸۸	۰.۰۸۰۷۸۸۵۷	۰.۱۰۱۷۸۷۰۵
۷۸.۰۳۸۰۹	۷۴.۹۶۹۷۱	۰.۶۷۶۹۰.۵۲۸	۰.۰۰۸۶۸۴۵۵	۰.۱۰۷۶۵۶۶۵
۹۷.۶۸۰.۹۶	۹۴.۱۵۸۰۶	۰.۵۳۳۶۶۹۴	۰.۱۰۰۳۵۱۱	۰.۱۵۷۳۸۲۲
۹۷.۶۱۷۵۲	۹۴.۰۹۵۱۲	۰.۵۶۱۶۲۲۸	۰.۱۰۴۲۲۱۹	۰.۱۲۳۳۲۷۸
۹۷.۰۰۷۵۹	۹۳.۴۸۵۱۹	۰.۶۲۷۴۲۴۷	۰.۱۲۴۷۵۷۲	۰.۱۴۵۳۷۶۲
۹۶.۵۶۰.۶۴	۹۳.۰۳۸۲۴	۰.۵۷۷۲۷۴۹	۰.۱۱۵۶۷۶۳	۰.۱۳۸۹۹۱۳
۹۶.۸۴۶۰.۵	۹۳.۳۲۳۶۵	۰.۶۰۹۶۹۶۰	۰.۱۲۱۵۴۴۸	۰.۱۴۳۲۲۳۶
۱۰.۷۷۱۵۰	۶۵۶۰.۶۱	۱.۰۲۳۳۵۵۴	۰.۱۱۹۶۶۱۴	۰.۱۰۵۰.۹۴
۱۸.۳۳۱۶۵	۱۴.۲۱.۷۷	۱.۳۶۵۵۲۲۹	۰.۱۶۸۱۱۱۵۰	۰.۱۴۲۹۵۲۹
۱۵.۶۷۱۳۱	۱۱.۵۵۰.۴۲	۱.۰۵۷۵۱۵۱۳	۰.۲۲۶۸۰.۸۴	۰.۱۶۵۹۷۷۸
۱۵.۳۶۳۸۸	۱۱.۲۴۳۰۰	۱.۰۴۰۱۵۷۰	۰.۲۲۰۶۹۹۷	۰.۱۶۴۴۷۴۸
۱۵.۰۶۷۲۸	۱۱.۴۴۶۴۰	۱.۰۵۶۳۱۰.۲	۰.۲۲۴۷۴۹۸	۰.۱۶۵۴۷۷۴

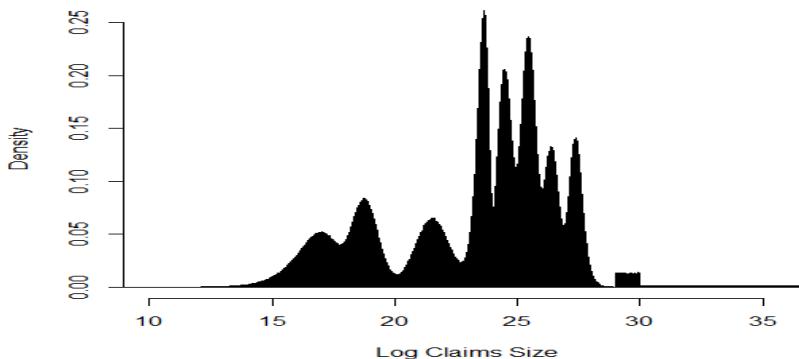
معیار نیکویی برآش					نام توزیع	معیارهای
BIC	AIC	اندرسون دارلینگ	ون نیومن	کلموگروف اسمیرنف		نیکویی برآش برای
۳۵.۴۵۲۳۱	۳۱.۲۹۷۷۴	۱.۴۸۵۴۴۰۵	.۰۲۴۷۷۷۰۸	.۰۱۶۰۷۲۲۴	وابیل	داده‌های بین ۲۴ و ۲۵
۳۵.۶۴۴۲۶	۳۱.۴۸۹۱۹	۱.۱۶۰۶۵۱۰	.۰۱۷۹۵۶۴۶	.۰۱۳۸۰۷۳۵	لوژستیک	
۳۰.۳۸۷۷۷	۲۶.۲۳۲۶۹	۱.۱۰۹۱۵۸۷	.۰۱۷۶۲۹۷۴	.۰۱۳۴۵۴۵۵	لگنرمال	
۳۰.۴۴۵۷۸	۲۶.۲۹۰۷۰	۱.۱۱۹۰۷۶۴	.۰۱۷۸۶۹۱۵	.۰۱۳۴۰۹۰۱	نرمال	
۳۰.۴۰۵۴۰	۲۶.۲۵۰۳۳	۱.۱۱۲۵۵۴۷	.۰۱۷۷۱۲۲۸	.۰۱۳۴۳۹۱۱	گاما	
۳۹.۳۲۹۰۲	۳۴.۸۹۰۰۱	۲.۴۳۳۲۱۵۸	.۰۴۱۹۴۹۰۸	.۰۱۸۸۸۳۸۵	وابیل	
۴۱.۲۸۷۹۸	۳۶.۸۴۸۹۶	۲.۱۷۵۴۴۸۳	.۰۳۴۵۸۳۲۰	.۰۱۸۳۴۹۰۹	لوژستیک	داده‌های کمتر بین ۲۵ و ۲۶
۳۴.۲۷۴۱۵	۲۹.۸۳۵۱۴	۲.۱۷۶۶۳۷۴	.۰۳۵۵۱۸۳۸	.۰۱۸۶۰۲۷۳	لگنرمال	
۳۴.۳۳۹۱۲	۲۹.۹۰۰۱۰	۲.۱۸۷۷۷۹۹	.۰۳۵۸۲۴۳۶	.۰۱۸۵۹۹۱۱	نرمال	
۳۴.۲۹۴۱۵	۲۹.۸۵۵۱۳	۲.۱۸۰۲۵۴۶	.۰۳۵۶۲۰۱۸	.۰۱۸۶۰۰۴۵	گاما	
۲۸.۷۱۶۵۱	۲۵.۶۰۵۸۱	۲.۷۹۰۵۴۰۰	.۰۴۵۸۸۸۴۱	.۰۲۰۸۶۸۴۷	وابیل	
۱۶.۴۴۲۵۴	۱۳.۳۳۱۸۵	۱.۸۰۱۵۸۴۷	.۰۲۴۹۷۳۵۳	.۰۱۸۶۹۱۸۱	لوژستیک	
۱۵.۹۵۶۲۵	۱۲.۸۴۵۰۵	۲.۰۷۱۶۶۸۱	.۰۳۳۱۵۴۰۱	.۰۲۲۰۸۰۰۷	لگنرمال	داده‌های بین ۲۶ و ۲۷
۱۶.۳۲۲۰۹	۱۳.۲۱۱۳۹	۲.۰۹۹۰۵۲۹	.۰۳۳۵۷۲۴۲	.۰۲۲۱۰۸۸۹	نرمال	
۱۶.۰۷۷۴۰	۱۲.۹۶۶۷۱	۲.۰۸۰۵۲۵۴	.۰۳۳۲۸۶۴۴	.۰۲۲۰۸۷۶۶	گاما	
۴۵.۸۹۱۹۶	۴۲.۰۵۶۴۸۴	۴.۹۳۶۱۵۸۹	.۰۹۱۹۶۸۶۵	.۰۳۳۵۴۵۰۹	وابیل	
۳۰.۰۵۳۵۷	۲۶.۹۲۶۴۵	۳.۹۴۳۵۶۳۵	.۰۵۸۱۶۹۹۸	.۰۲۸۰۳۹۸۴	لوژستیک	
۳۰.۶۹۳۲۹	۲۷.۳۶۶۱۷	۴.۴۱۶۰۰۷۰	.۰۷۹۶۸۷۵۲	.۰۳۴۱۳۴۷۲	لگنرمال	
۳۱.۲۴۸۴۰	۲۷.۹۲۱۲۸	۴.۴۵۸۷۸۸۵۳	.۰۸۰۴۶۲۴۱	.۰۳۴۲۲۲۱۴	نرمال	داده‌های بین ۲۷ و ۲۹
۳۰.۸۷۷۴۳	۲۷.۵۵۰۳۱	۴.۴۳۰۲۵۱۹	.۰۷۹۹۴۳۶۷	.۰۳۴۱۶۳۶۵	گاما	

با توجه مناسب‌ترین توزیع برآش شده (ارائه شده در جدول ۶) و بر اساس تعداد داده‌های هر بازه، وزن توزیع آن بازه را پیدا می‌کنیم. نتایج به دست آمده در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. خلاصه‌ای از توزیع‌های برآش شده برای هر بازه به همراه وزن آن بازه

وزن توزیع	پارامترهای توزیع برآش شده	نام توزیع برآش شده	بازه
۰.۱۰۶۰۶۰۶	۲۲.۲۳۵۴۲؛ ۱۷.۰۰۸۲۷	وایبل	(۱۸.۰]
۰.۱۱۱۱۱۱۱	۰.۰۲۸۷۱۵۸۴؛ ۲.۹۳۲۱۴۲۱۷	لگنرمال	(۲۰،۱۸]
۰.۱۰۸۵۸۵۹	۰.۶۸۱۳۹۷؛ ۲۱.۵۳۳۶۸۰	نرمال	(۲۳.۲۰]
۰.۱۴۶۴۶۴۶	۲۳.۶۳۶۰.۸؛ ۱۱۱.۳۶۹۴۹	وایبل	(۲۴.۰۲]
۰.۱۴۸۹۸۹۹	۰.۰۱۱۹۳۳۹۹؛ ۳.۱۹۷۸۳۸۵۰	لگنرمال	(۲۵.۰۲]
۰.۱۷۱۷۱۷۲	۰.۰۱۱۴۹۵۴۹؛ ۳.۲۳۶۸۲۶۲۴	لگنرمال	(۲۶.۰۲]
۰.۰۸۸۳۸۳۸۴	۰.۰۱۰۴۰۶۱؛ ۳.۲۷۷۲۷۸۹۸	لگنرمال	(۲۷.۰۲]
۰.۰۹۸۴۸۴۸۵	۰.۱۷۶۸۰.۰۵۶؛ ۲۷.۳۶۷۳۳۹۹	لوژستیک	(۲۹.۰۲]
۰.۰۱۲۶۲۶۲۶	۲۹.۰۳۰	یکنواخت	(۳۰.۰۲]
۰.۰۰۰۷۵۷۵۷۵۸	۳۰.۰۳۷	یکنواخت	(۳۶.۰۲]

شکل ۷ نمودار توزیع آمیخته برآش شده را نشان می‌دهد.



شکل ۷. نمودار توزیع آمیخته برآش شده به لگاریتم ارزش زمانی خسارت‌ها

مناسب بودن توزیع آمیخته برآش شده با استفاده از ازمون کلموگروف-اسمیرنف ($p\text{-value}=0.093$) مورد تایید قرار گرفت.

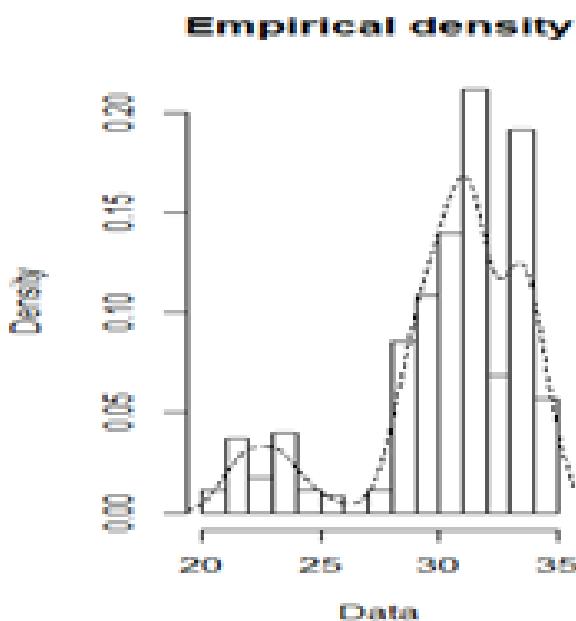
در جدول ۸ برخی از شاخص‌های توصیفی توزیع برآذش شده بر حسب میلیون ریال گزارش شده است.

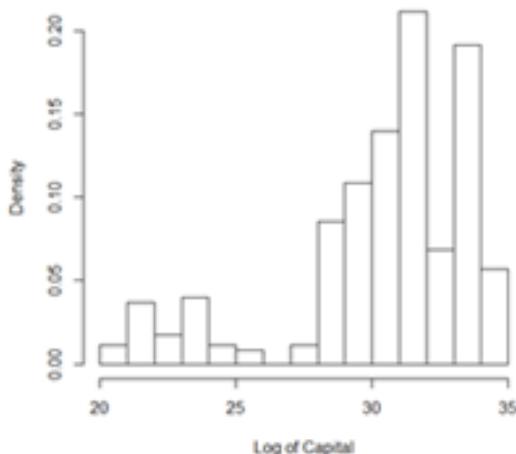
جدول ۸. برخی از شاخص‌های توصیفی برای توزیع برآذش شده به ارزش زمانی خسارت‌ها

چندک‌های (میلیون ریال)	انحراف معیار (میلیون ریال)	میانگین (میلیون ریال)
۹۹.۹۵٪	۹۹.۵٪	
۶۱۴۶۳۲۷۵۴۱	۱۰.۸۷۷۵۰.۰۹	۲۲۶۵۷۹۳۰.۵

۳-۴. برآذش توزیع به ارزش زمانی سرمایه بیمه‌نامه

شکل ۸ نمودارهای هیستوگرام وتابع چگالی تجربی برآذش شده به لگاریتم ارزش زمانی سرمایه بیمه‌نامه را نشان می‌دهد.





شکل ۸. نمودارهای هیستوگرام و تابع چگالی تجربی برآش شده به لگاریتم ارزش زمانی سرمایه بیمه‌نامه

با توجه به نمودارهای هیستوگرام و تابع چگالی تجربی برآش شده، به نظر نمی‌رسد بتوان یک تک توزيع مناسب را برای کل تکیه‌گاه داده‌ها پیدا نمود. برای پیدا کردن توزيع مناسب برای داده‌ها با مراجعه به نمودار تابع چگالی تجربی برآش شده، تکیه‌گاه را به نقاط زیر برش داده و توزيع هر بخش را پیدا می‌کنیم. نقطه‌های برش و معیارهای نیکویی برآش توزيع‌های کاندید شده برای داده‌ها به شرح جدول ۹ می‌باشد.

جدول ۹. معیارهای نیکویی برآش توزيع‌های کاندید شده برای لگاریتم ارزش زمانی سرمایه بیمه‌نامه‌ها

BIC	AIC	معیار نیکویی برآش				نام توزيع	معیارهای نیکویی برآش برای
		اندرسون دارلينگ	ون نیومون	کلموگروف اسپیرنف			
۵۸۹.۳۴۵۲	۵۸۳.۸۳۸۰	۱۰.۵۱۲۹۶۱۶	۱.۸۳۳۸۰۴۷	۰.۲۴۹۸۵۷۸	وایبل	داده‌های کمتر از ۳۰	
۶۱۹.۴۵۵۶	۶۱۳.۹۴۸۴	۹.۵۶۱۸۳۸۳	۱.۵۴۶۹۷۸۷	۰.۲۳۴۲۱۵۸	لوژستیک		
۶۱۵.۹۴۸۷	۶۱۰.۴۴۱۶	۱۰.۶۶۶۷۳۴۷	۱.۹۶۵۳۱۶۸	۰.۲۷۳۷۱۴۸	لگنرمال		
۶۰۷.۷۲۳۸	۶۰۲.۲۱۶۷	۱۰.۳۵۳۱۳۹۶	۱.۸۹۷۱۸۵۵	۰.۲۶۱۱۸۳۷	نرمال		
۶۱۲.۹۵۴۸	۶۰۷.۴۴۷۶	۱۰.۵۶۰۴۸۵۳	۱.۹۴۲۵۷۱۵	۰.۲۶۹۶۵۵۸	گاما		

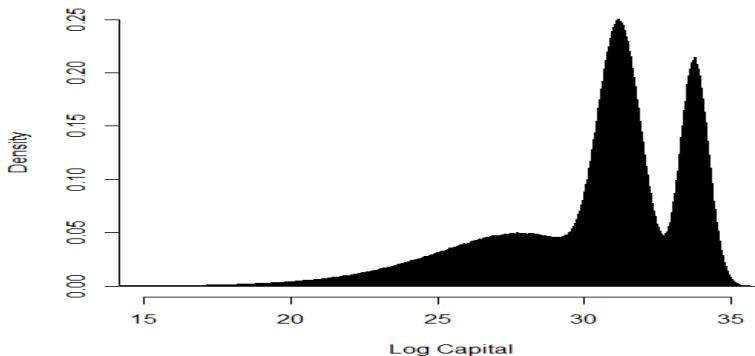
معیار نیکوبی برآش					نام توزیع	معیارهای نیکوبی برآش برای
BIC	AIC	اندرسون دارلینگ	ون نیومن	کلموگروف اسمیرنف		
۳۵۸.۴۴۴۲	۳۵۲.۴۶۱۳	۰.۱۸۷۱۹۷۰	۰.۹۶۰۳۰۶۷	۰.۱۹۷۷۹۰۵	وایبل	داده‌های بین ۳۳ و ۳۰
۳۳۲.۹۶۲۹	۳۲۶.۹۸۲۱	۰.۱۶۶۷۱۳۹	۰.۵۹۷۴۸۶۷	۰.۱۰۹۷۶۷۹	لوژستیک	
۳۲۸.۴۴۳۵	۳۲۲.۴۵۲۶	۰.۱۶۲۵۷۹۹	۰.۶۱۵۹۲۸۳	۰.۱۰۵۰۲۰۹۷	لگنرمال	
۳۲۹.۳۴۶۲	۳۲۳.۳۶۵۳	۰.۲۰۳۸۰۴۶	۰.۶۱۹۲۹۶۷	۰.۱۴۵۵۹۸۵	نرمال	
۳۲۸.۷۱۵۶	۳۲۲.۷۳۴۷	۰.۱۷۴۵۸۲۳۲	۰.۶۱۶۶۹۹۹	۰.۱۴۸۶۷۶۰	گاما	
۱۵۷.۷۸۴۰	۱۵۲.۸۵۲۱	۰.۵۳۱۰۶۶۶	۱.۸۷۷۳۸۸۰	۰.۲۸۶۳۲۵۴	وایبل	داده‌های بزرگتر از ۳۳
۱۲۵.۶۵۲۷	۱۲۰.۷۲۰۹	۰.۰۲۲۴۹۴۳	۱.۱۹۱۱۱۵۶۵	۰.۲۴۳۹۷۱۴	لوژستیک	
۱۲۴.۸۷۵۴	۱۱۹.۹۴۲۶	۰.۸۴۵۱۹۱۷	۱.۶۳۷۸۷۷۸	۰.۲۹۶۲۶۷۸	لگنرمال	
۱۲۶.۲۶۰۴	۱۲۱.۳۲۸۶	۰.۹۳۴۱۹۵	۱.۶۵۷۵۸۵	۰.۲۹۶۷۸۲	نرمال	
۱۲۵.۳۳۴۳	۱۲۰.۴۰۲۵	۰.۸۷۴۲۷۸۹	۱.۶۴۴۳۰۳۸	۰.۲۹۶۴۲۶۲	گاما	

با توجه مناسب‌ترین توزیع برآش شده (ارائه شده در جدول ۹) و بر اساس تعداد داده‌های هر بازه، وزن توزیع آن بازه را پیدا می‌کنیم. نتایج به دست آمده در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰. توزیع برآش شده به همراه وزن آن توزیع برای هر بازه

وزن توزیع	پارامترهای توزیع برآش شده	نام توزیع برآش شده	بازه
۰.۳۳۱۴۲۸۶	۱۱.۲۸۷۸۸ ۲۸.۰۵۲۴۷	وایبل	(۳۰.۰)
۰.۴۲	۳.۴۴۰۷۹۸۰۵ ۰.۰۲۲۹۰۱۲۳	لگنرمال	(۳۳.۰)
۰.۲۴۸۵۷۱۴	۳.۵۱۹۲۴۹۲۵ ۰.۰۱۳۹۵۶۰۱	لگنرمال	(۳۳.۰)

شکل ۹ نمودار توزیع آمیخته برآش شده را نشان می‌دهد.



شکل ۹. نمودار توزیع برآذش شده به لگاریتم ارزش زمانی سرمایه بیمه‌نامه‌ها

مناسب بودن توزیع آمیخته برآذش شده با استفاده از ازمون کلموگروف‌اسمیرنف ($p\text{-value}=0.687$) مورد تایید قرار گرفت.

۴-۴. مدل‌بندی نرخ تورم

اکنون با استفاده از نرخ تورم رسمی، اعلام شده توسط بانک مرکزی، برای ۵۰ سال گذشته، یک مدل زمانی به نرخ تورم ایران برآذش می‌دهیم. سپس با استفاده از مدل برآذش شده، نرخ تورم آتی را پیش‌گویی می‌کنیم.

چون نرخ تورم یک پدیده تصادفی است که در طول زمان رفتاری متفاوت از خود ارائه می‌کند، بنابراین برای مطالعه این پدیده تصادفی، ابتدا باید رفتار زمانی آنها را مدل کنیم تا بتوانیم رفتار این پدیده را در آینده پیش‌بینی کنیم. یکی از ساده‌ترین روش‌های مدل‌بندی این پدیده‌ها استفاده از ابزار سری‌های زمانی است. از میان روش‌های مورد استفاده در سری‌های زمانی، مدل‌های ARIMA پراستفاده‌ترین مدل‌ها است. برای برآذش یک مدل ARIMA به داده‌های زمانی به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

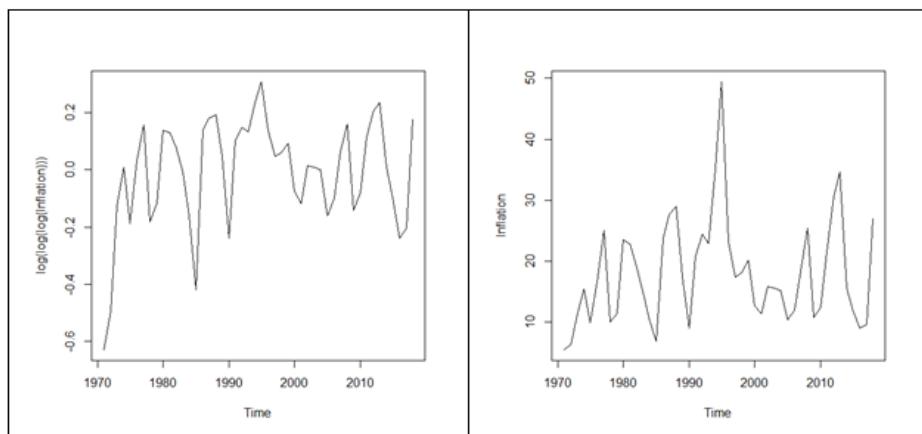
۱. ابتدا با استفاده از تبدیل‌های ریاضی (نظیر تفاضل گیری) داده‌های زمانی را ایستا می‌کنیم. ابتدا ایستایی داده‌ها باید به کمک آزمون‌های آماری نظیر دیکی فولر مورد تایید قرار گیرد.
۲. در گام بعد با استفاده از نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی مرتبه مدل ARIMA را تعیین می‌کنیم.

۳. اکنون مدل ARIMA را به داده‌های زمانی برآش داده، مناسب بودن مدل را به کمک ابزارهای آماری نظیر معیارهای AIC و BIC بررسی می‌کنیم. همچنین مانده‌های مدل را محاسبه می‌کنیم.

۴. در این مرحله به کمک ابزار گرافیکی و آزمون‌های آماری نظیر Ljung-Box، فرض اغتشاش خالص بودن مانده‌ها را راست‌آزمایی می‌کنیم.

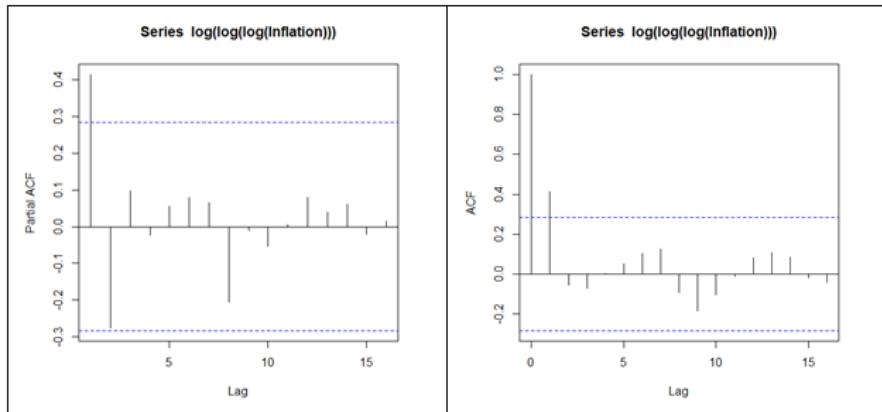
۵. در صورت تایید مناسب بودن مدل برآش شده و تایید فرضیه مرحله‌ی چهارم، با استفاده از مدل برآش شده، روند آتی پدیده تصادفی را پیشگویی می‌کنیم. معمولاً برای پیشگویی ارائه شده، حدود اطمینان گزارش می‌شود.

شکل ۱۰ نمودار زمانی نرخ تورم به همراه سه مرتبه لگاریتم از داده‌ها را نشان می‌دهد. این نمودار عدم ایستایی نرخ تورم را نشان می‌دهد. برای کاهش مقدار عددی داده‌ها سه مرتبه از داده‌ها لگاریتم گرفته و نمودار زمانی آنها را در قسمت دوم شکل ۱۰ ترسیم شده است.



شکل ۱۰. نمودار زمانی نرخ تورم و نرخ تورم بعد از سه مرتبه لگاریتم‌گیری

با توجه به شکل ۱۰ به نظر می‌رسد بعد از سه مرتبه لگاریتم‌گیری از داده‌های نرخ تورم، فرآیند حاصل، یک فرآیند ایستاء است. این حدس توسط آزمون دیکی فولر نیز مورد تایید قرار می‌گیرد، زیرا فرض عدم ایستایی به نفع فرض ایستایی رد می‌شود ($p\text{-value}=0.03617$). شکل ۱۱ نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی سری ایستاء شده را نشان می‌دهد.



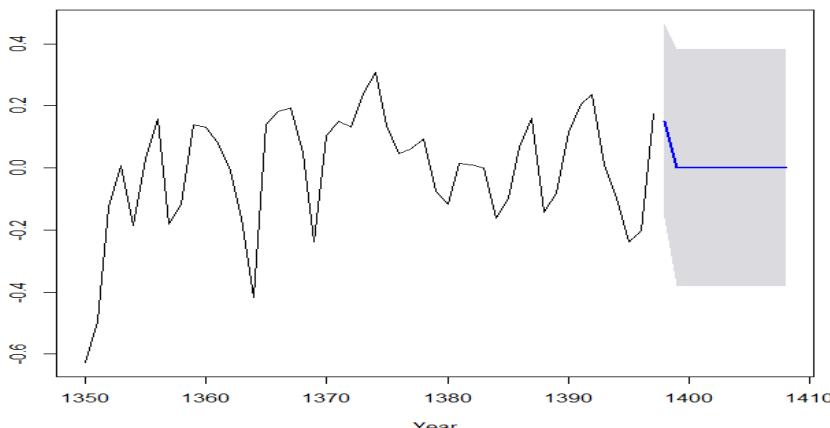
شکل ۱۱. نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی برای نرخ تورم ایستا شده

با توجه نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی (شکل ۱۱) به نظر می‌رسد مناسب‌ترین مدل برای نرخ تورم ایستا شده یک سری ARIMA(0,0,1) خواهد بود. جدول ۱۱ معیارهای نیکویی برآش و پارامترهای سری برآش شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. سری زمانی برآش شده به نرخ تورم ایستا شده

معیارهای نیکویی برآش	پارامترهای برآورد شده	سری زمانی برآش شده
Log-likelihood=۲۰.۰۸; AIC=-۳۶.۱۵; AICc=-۳۵.۸۸; BIC=-۳۲.۴۱	ma1= .۷۰۱۰ (s.e. .۱۲۰۸) $\sigma^2 = ۰.۲۵۵۴$	ARIMA(.,.,.)

بررسی ماندهای مدل برآش شده، مناسب بودن آنرا، از دیدگاه ماندها، تایید می‌کند. اکنون با استفاده از مدل برآش شده به پیشگویی سری زمانی می‌پردازیم. شکل ۱۲ نمودار زمانی نرخ تورم ایستاشده به همراه مقادیر پیشگویی شده (و بازه اطمینان پیشگویی) را نشان می‌دهد. جدول ۱۲ مقدار عددی این پیشگویی‌ها را نشان می‌دهد



شکل ۱۲. نمودار زمانی نرخ تورم ایستاده به همراه مقدار پیشگویی شده

جدول ۱۲. پیشگویی دو سال آتی برای نرخ تورم (بر حسب درصد)

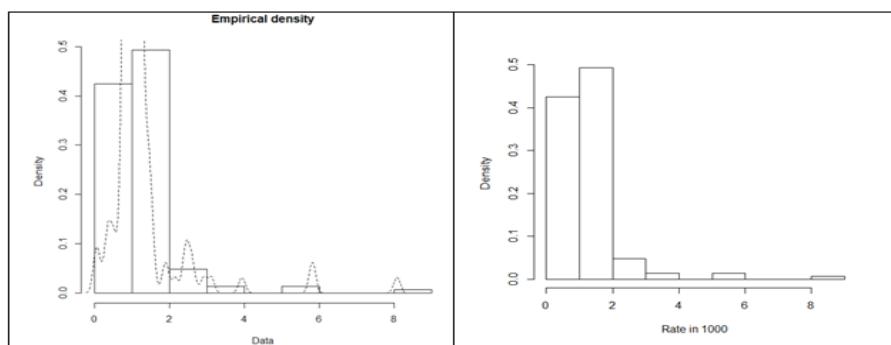
بازه اطمینان ۹۵ درصد		مقدار پیشگویی	سال
کران بالا	کران پایین		
۱۳۵.۸۳۲۵	۱۰.۳۹۲۹۱	۲۴.۵۶۳۳۸	۱۳۹۸
۷۶.۰۹۳۲۸	۷.۲۲۸۷۳۹	۱۵.۵۴۲۶	۱۳۹۹
۱۸۰.۰۹۴۲	۵.۴۵۳۴۲۱	۱۴.۴۵۲۳۰	۱۴۰۰

۵. قیمت‌گذاری محصول یسمه‌ای با استفاده از رویکرد مبتنی بر نرخ و سرمایه بیمه‌نامه

در بیمه‌های مهندسی، سرمایه بیمه‌نامه یا حداکثر تعهد بیمه‌گر، نقش اساسی در محاسبه حق بیمه ایفا می‌کند. در این نوع بیمه‌نامه‌ها ابتدا سرمایه بیمه‌نامه در چند طبقه‌ی همگن دسته‌بندی می‌شوند. در گام بعدی، برای هر طبقه نرخ وقوع خسارت و متوسط شدت هر خسارت محاسبه و بر اساس آن حق بیمه‌ی مبتنی بر نرخ محاسبه می‌شود. سرانجام حق بیمه‌ی نهایی به صورت پله‌ای محاسبه می‌شود. مثلاً حق بیمه‌ی طبقه دوم از جمع حق بیمه‌ی طبقه اول و طبقه دوم به دست می‌آید. بنابراین ابتدا باید نرخ وقوع خسارت را محاسبه کنیم.

۱-۵. برآورد نرخ وقوع خسارت

متأسفانه به دلیل ناکافی بودن حجم داده‌ها، محقق قادر به ارائه برآوردهای مطمئن برای نرخ وقوع خسارت نمی‌باشیم. به همین دلیل از نرخ‌های مورد استفاده در صنعت استفاده می‌کنیم. شکل ۱۳ نمودار هیستوگرام و تابع چگالی تجربی برآش شده به نرخ‌های (در هزار) مورد استفاده در صنعت را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳. نمودار هیستوگرام و تابع چگالی تجربی برآش شده به نرخ‌های (در هزار) مورد استفاده در صنعت

میانگین و انحراف معیار نرخ‌های مورد استفاده، به ترتیب، ۱.۲۱۱۶۲۷ (در هزار) و ۰.۹۴۸۳۱۲۶ (در هزار) می‌باشد.

اکنون با استفاده از سرمایه بیمه‌نامه، متوسط نرخ‌های مورد استفاده را در سه طبقه تقریباً همگن به همراه انحراف معیار نرخ‌های هر طبقه به صورت جدول ۱۳ ارائه می‌کنیم.

جدول ۱۳. متوسط و انحراف معیار نرخ‌های (در هزار) مورد استفاده برای سه طبقه تقریباً همگن پیشنهادی

$\text{Log} > 33$	$30 < \text{Log} \leq 33$	$\text{Log} \leq 30$
انحراف معیار نرخ	میانگین نرخ	انحراف معیار نرخ
۰.۱۹۴۳۱۷۲	۱.۰۲۳۷۷۱	۱.۱۵۲۴۹

$\text{Log} > 33$	$30 < \text{Log} \leq 33$	$\text{Log} \leq 30$
میانگین نرخ	انحراف معیار نرخ	میانگین نرخ
۰.۵۴۷۷۳۸۷	۰.۵۴۷۷۳۸۷	۱.۴۳۲۰۱۳

۲-۵. محاسبه‌ی حق بیمه بر اساس رویکرد مبتنی بر نرخ و سرمایه بیمه‌نامه

اکنون با استفاده از نتایج به دست آمده در جدول ۱۳، روش محاسبه حق بیمه ارائه می‌شود. این روش بر اساس نرخ و سرمایه بیمه‌نامه به صورت پله‌ای عمل می‌کند. جدول ۱۴ با توجه به نرخ تعديل آر روش محاسبه حق بیمه را ارائه می‌کند.

جدول ۱۴. دستورالعمل محاسبه حق بیمه

حق بیمه طبقه	متوسط سرمایه طبقه	حدود سرمایه طبقه	نرخ وقوع خسارت طبقه	طبقه
$r_1 * \bar{y}_1$	$\bar{y}_1 = \min\{L; j * e^{30}\}$	$(0, j * e^{30}]$	$r_1 = 1.355659 * 10^{-3}$	1
$r_2 * \bar{y}_2$	$\bar{y}_2 = \max \{\min\{L - \bar{y}_1; j * e^{33}\}; 0\}$	$(j * e^{30}, j * e^{33}]$	$r_2 = 1.15249 * 10^{-3}$	2
$r_3 * \bar{y}_3$	$\bar{y}_3 = \max \{L - \bar{y}_1 - \bar{y}_2; 0\}$	$(j * e^{33}, \infty)$	$r_3 = 1.023771 * 10^{-3}$	3
حق بیمه‌ی قرارداد مجموع				

لازم به ذکر است نرخ تعديل ۰ بر اساس نرخ تورم پیشگویی شده محاسبه می‌شود. جدول ۱۵ این نرخ را برای سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ ارائه می‌کند.

جدول ۱۵. نرخ تورم و نرخ تعديل پیشگویی شده برای سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

سال	درصد تورم پیشگویی شده	مقدار تصحیح پیشگویی شده
۱۳۹۸	۲۴.۵۶۳۳۸	$j = (0.2456338 + 1) = 1.2456338$
۱۳۹۹	۱۵.۱۵۴۲۶	$j = (0.2456338 + 1) * (0.1515426 + 1) = 1.4344$
۱۴۰۰	۱۴.۴۵۲۳۰	$j = (0.2456338 + 1) * (0.1515426 + 1) * (1 + 0.1445230) = 1.64167$

۳-۵. پیشگویی حق بیمه برای سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

ابتدا با استفاده از متوسط توزیع آمیخته برازش شده به خسارت‌ها و نرخ تورم پیشگویی شده برای سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ متوسط شدت خسارت‌ها را پیشگویی می‌کنیم.

اگر نرخ تورم سه سال آتی به ترتیب، با i_1 ، i_2 و i_3 همچنین متوسط شدت خسارت‌ها را با \bar{x} نمایش دهیم، متوسط شدت خسارت‌های این سه سال، به ترتیب $(\bar{x}(1 + i_1)(1 + i_2)(1 + i_3))$ خواهد بود. با توجه به این که میانگین توزیع برازش شده برابر 10.933432 میلیون ریال است، بنابراین با استفاده از روابطه بالا می‌توان متوسط شدت خسارت‌ها سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ را مطابق جدول ۱۶ پیشگویی نمود.

جدول ۱۶. پیشگویی سه سال آتی برای متوسط اندازه خسارت‌ها (بر حسب میلیون ریال)

سال	مقدار پیشگویی	باže اطمینان ۹۵ درصد	
کران بالا	کران پایین		
۱۳۹۸	۱۲۰۶۹۷۷۳۴	۱۲۶۱۹۰۰۵۲	۲۵۷۸۴۵۸۶
۱۳۹۹	۱۲۹۴۲۲۲۳	۱۵۶۸۲۹۱۹	۴۵۴۰۴۹۲۳
۱۴۰۰	۱۷۹۴۹۰۰۹۶	۱۴۸۸۳۵۵۶	۵۶۷۵۶۱۵۴

خوبیختانه در زمان انجام تحلیل اطلاعات ۱۵ بیمه‌نامه عقد شده در سال ۱۳۹۸ موجود بود، بنابراین ما با استفاده از نتایج ارائه شده در بالا اقدام به مقایسه حق‌بیمه محاسبه شده توسط محقق و توسط بیمه‌گر برای سال ۱۳۹۸ و پیشگویی حق‌بیمه برای سال ۱۳۹۹ کردیم. جدول ۱۷ سرمایه این ۱۵ بیمه‌نامه را به همراه حق‌بیمه اخذ شده و پیشگویی شده برای سال ۱۳۹۸ به همراه حق‌بیمه پیشگویی شده برای سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ نشان می‌دهد.

جدول ۱۷. نمونه‌ای از حق‌بیمه‌های (میلیارد تومان) اخذ شده در سال ۱۳۹۸
به همراه پیشگویی آنها در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ و

ردیف	سرمایه بیمه‌نامه	سال ۱۳۹۸		سال	
		حق‌بیمه پیشگویی شده توسط محقق	حق‌بیمه محاسبه شده توسط بیمه‌گر		
۱	۱۷۹۹.۵۶	۲.۳۴۴۴۱۸۴۲	۱.۹۷۹۵۱۳	۲.۴۳۰۴۰۷۷۸۶	
۲	۵۲۱۸.۷۲	۶.۲۸۴۹۶۳۹۸۴	۰.۷۷۴۰۵۸۷	۶.۳۷۰۹۵۵۴۹۵	
۳	۱۷۹۹.۵۶	۲.۳۴۴۴۱۸۴۲۱	۱.۹۷۹۵۱۳	۲.۴۳۰۴۰۷۷۸۶	
۴	۱۷۳۹.۵۷	۲/۲۷۵۲۸۶.۴۳	۱/۹۱۳۵۲۹	۲.۳۵۸۲۶۳۷۲۷	
۵	۱۷۹۹.۵۶	۲/۳۴۴۴۱۸۴۲۱	۱/۹۷۹۵۱۳	۲.۴۳۰۴۰۷۷۸۶	
۶	۴۱۹.۵۰۸	۰/۵۶۸۷۱۰۰۴	۰/۲۴۳۳۱۵	۰.۵۶۸۷۰۹۷۹۶	
۷	۲۲۳.۰۸	۰/۳۱۵۹۵۰۰۲۲	۱/۸۸۰۳۲۹	۰..۳۱۵۹۴۹۸۸۷	
۸	۱۷۵۷.۰۶	۲.۲۹۵۴۳۷۲۱۴	۱.۹۳۲۷۶۲	۲.۳۸۱۴۲۶۹۶۱	
		۲.۳۳۶۴۲۱۳۸۳			

ردیف	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۹۹	سال ۱۴۰۰
سرمایه بیمه‌نامه	حق بیمه پیشگویی شده توسط محقق	حق بیمه پیشگویی شده توسط محقق	حق بیمه محاسبه شده توسط بیمه‌گر
۹	۰.۲۶۰۳۴۲۱۱	۰.۲۶۳۴۱۵۰۲	۰.۰۵۷۶۱۱
۱۰	۳.۲۶۱۵۹۵۰.۹۹	۳.۲۱۶۵۹۰.۵۵۴	۲.۸۷۳۶۷۵
۱۱	۲.۹۱۷۰.۹۲۷۸۸	۲.۸۷۲۰.۹۴۹۰۳	۲.۷۷۷۳۱۷
۱۲	۲.۲۲۶۵۳۴۳۴۲	۲.۲۰۴۲۷۶۵۹۳	۲.۰۵۲۹۹۵
۱۳	۱.۲۰۰۷۲۰.۷۳۳	۱.۲۰۰۲۶۰.۵۹۳	۱.۱۰۷۶۱۳
۱۴	۱.۷۸۸۴۲۶۰۲۳	۱.۷۸۸۴۱۹۳۵۶	۱.۶۴۹۰۳۱
۱۵	۳.۰۲۹۹۵۶۱۳۴	۲.۹۸۴۹۵۷۲۴۵	۴.۹۷۵۱۹۱
متوسط	۲.۲۶۴۷۴۶	۲.۲۳۶۴۲۹۸۸۸۴	۲.۲۰۹۴۹۹۶
	۱.۴۳۸۱۲۲	۱.۴۷۳۱۴۱۴۶۷۳	۱.۴۹۶۷۰.۲۷۸
انحراف معیار	۱۳۶۱.۹۰۵۲	۱۵۶۸.۲۹۱۹	۰۰۰۱۲۱۶۲۷
	نتایج جدول ۱۷ نشان می‌دهد به صورت کلی حق بیمه پیشگویی شده تفاوت معنی‌داری با روش مورد استفاده در صنعت ندارد. البته این نتیجه دور از ذهن نیست، زیرا در این تحقیق تنها نرخ‌های مورد استفاده در صنعت را در سه طبقه سامان‌دهی نموده است.		
۶. نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی	نتیجه این که متوسط خسارت پیشگویی شده برای سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به ترتیب برابر ۱۳۶۱.۹۰۵۲ و ۱۵۶۸.۲۹۱۹ میلیارد تومان است. با توجه به متوسط نرخ وقوع خسارت (۰۰۰۱۲۱۶۲۷) به نظر می‌رسد حق بیمه‌های مورد استفاده در صنعت قادر به پاسخگویی خسارت‌های احتمالی خواهد بود		

در این تحقیق بعد از معرفی بیمه‌های حوزه پالایشگاه‌های نفت و گاز، با استفاده از نظر خبرگان یک الگوی مبتنی بر احتمال و شدت برای ارزیابی ریسک‌های بخش‌های مختلف این پالایشگاه‌ها ارائه شده است. سپس با استفاده از اطلاعات مربوط به خسارت‌ها، سرمایه بیمه‌نامه‌ها و نرخ‌های مورد استفاده در صنعت، حق بیمه این بیمه‌نامه‌ها، با استفاده از رویکر مبتنی بر نرخ و سرمایه بیمه‌نامه، ارائه شد. رویکرد

ارائه شده به صورت پله‌ای بوده و در سه سطح پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی برای ۱۵ بیم‌نامه جدید که در سال ۱۳۹۸ منعقد شده‌اند، مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط حقیمه محاسبه شده با استفاده از روش پیشنهادی تفاوت معنی‌داری با رویکرد مورد استفاده در صنعت ندارد. از طرف دیگر با استفاده از توزیع برآش شده برای شدت خسارت‌ها، به نظر می‌رسد، حقیمه محاسبه شده از نظر فنی مناسب است. برای تحقیق‌های آتی توصیه می‌شود:

- در صورت تمایل به استفاده از رویکرد مبتنی بر نظر خبرگان (همانند این تحقیق) مدل ارزیابی ریسک از روش «حالات خطأ و تحلیل اثرات آن» احصاء شود. در این روش محقق علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای «احتمال وقوع» و «شدت وقوع» از معیار دیگر با عنوان «عدد الویت ریسک» نیز استفاده می‌کند. این عدد را می‌توان بر اساس رویکردهای مختلف، نظیر «میزان آسیب‌پذیری»، «احتمال کشف خطر» و غیره محاسبه نمود.
- به جای رویکرد مبتنی بر نظر خبرگان، از اطلاعات کمی و خرد استفاده و به کمک روش شبکه عصبی با دقت بیشتری الگوی ارزیابی ریسک استخراج و ارائه شود.
- با استفاده از داده‌ها و تجربه کشورهای دیگر نرخ‌های محاسبه و قبل از پیاده‌سازی در صنعت تا حدودی تعديل شوند.

منابع

- [۱] پاینده، امیرتیمور و امیدی، مریم، (۱۳۹۲)، معادلات ساختاری تاییدی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- [۲] پاینده، امیرتیمور و عطاطلب، فاطمه، (۱۳۹۹)، طراحی الگوی پذیرش ریسک پالایشگاههای نفت- خام/گاز در حال بهره‌برداری توسط صنعت. طرح تحقیقاتی به سفارش پژوهشکده بیمه.
- [۳] درخشن، مسعود، (۱۳۸۹)، توسعه پوشش‌های بیمه‌ای در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، گستره انرژی، ۴۵-۴۲، ۴۵.
- [۴] درخشن، مسعود (۱۳۹۰)، ارزیابی پوشش‌های بیمه‌ای در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در ایران: وضعیت موجود، موانع و ظرفیت‌ها، با توجه به ساختار و عملکرد این بیمه‌ها در کشورهای پیشرفته منتخب و ارائه راهکارهای مناسب پوشش بیمه‌ای در این صنایع، طرح تحقیقاتی، پژوهشکده بیمه.

- [5] Abbasi, S., Bakhtom, S., Ziae, M., & Arghami, S. (2015). Comparison of Risk Assessment Using HAZOP and ETBA Techniques: Case Study of a Gasoline Refinery Unit in Iran. *J. Hum. Environ. Health Promot.*, 1(1), 19—27.
- [6] [ABS] American Bureau of Shipping. (2000). Guidance notes on risk assessment applications for the marine and offshore oil and gas industries.
- [7] Aziz, N. A. A., Fumoto, A., & Suzuki, K. (2017). Assessing human error during collecting a hydrocarbon sample of the chemical plant using therm. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(7S), 255—271.
- [8] Bevilacqua, M., & Ciarapica, F. E. (2018). Human factor risk management in the process industry: A case study. *Reliability Engineering & System Safety*, 169, 149—159.
- [9] Canaway, R. T. (1993). Loss estimation for refineries and chemical plant and risk improvement. In *INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS SYMPOSIUM SERIES* (Vol. 130, pp. 459-459). HEMSPHERE PUBLISHING CORPORATION.
- [10] Cermellia, D., Curròb, F., Vairoc, T., & Fabianob, B. (2018). Hydrogen Jet-Fire: Accident Investigation and Implementation of Safety Measures for the Design of a Downstream Oil Plant. *CHEMICAL ENGINEERING*, 67.
- [11] Chen, M., Wang, K., Guo, H., & Yuan, Y. (2019). Human factors of fire and explosion accidents in petrochemical enterprises. *Process Safety Progress*.
- [12] Chettouh, S., Hamzi, R., & Benaroua, K. (2016). Examination of fire and related accidents in Skikda Oil Refinery for the period 2002–2013. *Journal of loss prevention in the process industries*, 41, 186—193.
- [13] Jarvis, R., & Goddard, A. (2017). An analysis of common causes of major losses in the onshore oil, gas & petrochemical industries. *Loss Prevention Bulletin*, (255).
- [14] Kalantarnia, M., Khan, F., & Hawboldt, K. (2010). Modelling of BP Texas City refinery accident using dynamic risk assessment approach. *Process Safety and Environmental Protection*, 88(3), 191—199
- [15] Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). On the quantitative definition of risk. *Risk analysis*, 1(1), 11—27.
- [16] Li, H., Dong, K., Jiang, H., Sun, R., Guo, X., & Fan, Y. (2017). Risk assessment of China's overseas oil refining investment using a fuzzy-grey comprehensive evaluation method. *Sustainability*, 9(5), 696.
- [17] Modarres, M. (2016). Risk analysis in engineering: techniques, tools, and trends. CRC press.
- [18] Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., & Michalis, C. (2006). Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). *Journal of hazardous materials*, 137(1), 1—7.
- [19] Paté-Cornell, M. E. (1985). Fire risks in oil refineries: Economic analysis of camera monitoring. *Risk Analysis*, 5(4), 277—288.
- [20] Rezaei, K., Aziznezhad, V., Chenani, A., Tabibian, M., & Mozdianfar, M. R. (2016). Risk analysis of the sea desalination plant at the 5th refinery of south pars

- gas company using Hazop procedures. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(2), 602—613.
- [21] Theophilus, S. C., Esenowo, V. N., Arewa, A. O., Ifelebuegu, A. O., Nnadi, E. O., &Mbanaso, F. U. (2017). Human factors analysis and classification system for the oil and gas industry (HFACS-OGI). *Reliability Engineering & System Safety*, 167, 168—176.
- [22] Uth, H. J., & Wiese, N. (2004). Central collecting and evaluating of major accidents and near-miss-events in the Federal Republic of Germany—results, experiences, perspectives. *Journal of hazardous materials*, 111(1-3), 139—145.