

به کارگیری تئوری فازی جهت محاسبه کمی و اولویت بندی ریسک‌ها در تعیین حق بیمه منصفانه در سایت پتروشیمی

فرامرز خجیر^۱

علی حرمتی^۲

رضا علی محمدی^۳

چکیده

امروزه پیچیدگی مطالعه ریسک‌ها و اثرات آنها بر یکدیگر، صنایع مختلف را به سمت توجه بیشتر به اهمیت مدیریت ریسک و ارائه راهکارهایی مناسب جهت ارزیابی و کنترل ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها سوق داده است. استمرار تولید در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی تا حد زیادی وابسته به مدیریت ریسک بوده و یکی از اهداف مدیریت ریسک در این صنایع، کاهش ریسک‌هایی است که روند تولید را دچار اختلال می‌نماید. در کشور ایران، علی‌رغم فعالیت‌ها و پیشرفت‌های گسترده صورت پذیرفته در خودکفایی و تولید علم در صنعت بیمه، گسترش و توسعه برخی از بیمه‌نامه‌ها همچنان مغفول مانده است. این مشکل ممکن است دلایل مختلفی از جمله عدم شناسایی کامل ریسک و یا پیچیدگی‌های ماهیت ریسک تحت پوشش برخی بیمه‌نامه‌ها داشته باشد و توجه بیشتر بیمه‌گران را می‌طلبد.

این پژوهش با به کارگیری منطق فازی در یک روش تصمیم‌گیری جمعی جدید در صنعت بیمه، در خصوص کمی‌سازی آثار ریسک‌های تهدیدکننده یک پالایشگاه در بیمه‌نامه عدم‌النفع تهیه شده و با ارائه روشی کارآمد جهت اندازه‌گیری کمی اثر ریسک‌ها، آنها را با توجه به میزان تأثیرگذاری (علت) و تأثیرپذیری (معلول) در خسارات احتمالی به صورت کمی اولویت بندی می‌نماید.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، منطق فازی، اندازه‌گیری کمی، عدم‌النفع

F.khojir@gmail.com

Hormati@asiainsurance.ir

R.alimo65@gmail.com

۱. دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، معاون توسعه و برنامه‌ریزی شرکت بیمه آسیا

۲. کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، مدیر بیمه‌های مهندسی و ریسک‌های خاص شرکت بیمه آسیا

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، کارشناس صدور بیمه‌نامه‌های انرژی شرکت بیمه آسیا

۱- مقدمه

در محیط پیچیده و پرتلاطم امروزی شرکت‌های بیمه نیز همچون سایر شرکت‌ها با مخاطرات و ریسک‌های گوناگونی مواجه می‌شوند که در صورت مواجهه با هر یک از آنها می‌بایست نتایج ناشی از آنها مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. در این راستا، مدیریت ریسک فرآیندی نظام‌یافته است که به شناسایی و تحلیل وضعیت ریسک می‌پردازد (اصولی، ۱۳۸۷). مدیران شرکت‌های بیمه‌ای همچون سایر شرکت‌ها به دنبال کنترل و کاهش خطرات و خسارت‌های فاجعه‌آمیز و به‌طور کلی مدیریت ریسک هستند (بیات و همکاران، ۱۳۹۴). دما و فشار بالا در فرآیند تولیدی صنایع نفت و گاز موجب شده است که خطر و عدم قطعیت به صورت فزاینده‌ای در این صنعت بالا رود (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین در سال‌های اخیر به علت خسارات بزرگی که در صنعت پتروشیمی به وجود آمده است اهمیت ارزیابی ریسک در این صنعت بسیار بیشتر شده و تحلیل و مدیریت ریسک به‌عنوان ابزاری کارآمد در جهت حفظ و ارتقاء ایمنی صنایع نفت و گاز، به‌منظور ارزیابی و مدیریت وقایع محتمل و ناخواسته در آن صنایع مورد استقبال شدید واقع شده است.

در تحلیل ریسک صنایع نفت و گاز و اندازه‌گیری قابلیت اطمینان و ارزیابی ریسک و پیش‌بینی پیامدها از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود. قاسمی و همکاران با استفاده از تکنیک^۱ FMEA و در نظر گرفتن ریسک‌های اموال در پنج گروه انفجار، حریق، خطای انسانی، شکست ماشین آلات و نقص ظروف تحت فشار به عنوان مهم‌ترین ریسک‌های موجود در پالایشگاه گاز نتیجه گرفتند که سه ریسک حریق، انفجار و شکست ماشین آلات، بیمه‌پذیر و دو ریسک خطای انسانی و نقص در ظروف تحت فشار جزء ریسک‌های ایمن محسوب می‌شوند که نیازی به واگذاری ریسک آنها به بیمه‌گر نیست. میرزایی علی‌آبادی و همکاران در سال ۱۳۹۵ خطرات موجود در مخازن LPG^۲ پالایشگاه تهران را با استفاده از تکنیک FTA^۳ شناسایی و پیامدهای بعد از رویداد اصلی را با استفاده از ETA^۴ پیش‌بینی نموده و احتمال هرکدام از آنها را محاسبه و با استفاده از دیاگرام پاپیونی^۵ مسیر حادثه از فاز علل تا فاز پیامدها را ترسیم و بررسی نمودند.

تا قبل از سال ۱۹۶۵ میلادی و تنظیم نظریه مجموعه‌های فازی توسط پروفیسور لطفی عسگرزاده، نظریه‌های کلاسیک ریاضی در مدل‌سازی‌های علمی مورد استفاده قرار می‌گرفت که در آن نگاه به پدیده‌ها از نوع قطعی^۶ و معین^۷ و یا به بیان دیگر به صورت صفر و یک بود. اما در دنیای واقعی در بسیاری از موارد مرز مشخصی بین اعضای یک مجموعه برای دسته‌بندی آنها وجود ندارد. برای مثال در تقسیم مجموعه افراد به دو زیرمجموعه پیر یا جوان مرز مشخصی برای انشعاب و تقسیم وجود ندارد، همچنین برای تعیین روشن یا تاریک بودن، سرد یا گرم بودن و یا خوب و بد نمی‌توان مرز دقیق و مشخصی را تعیین نمود. (شوندی، ۱۳۹۴) در این تقسیم‌بندی‌ها افکار و احساسات، بیشتر دخیل می‌باشند و این احساسات با متغیرهای زبانی عنوان می‌شوند.

1. Failure mode effects Analysis
2. Liquefied petroleum Gas
3. Fault Tree Analyses
4. Event Tree Analyses
5. Bowtie
6. Crisp
7. Deterministic

۲- بیان مساله

در فضای فعلی صنعت بیمه کشور، با وجود تمامی پیشرفت‌های حاصل شده در تولید علم، هنوز تعدادی از انواع بیمه‌نامه‌ها هستند که کمتر مورد توجه واقع شده‌اند. این مشکل ممکن است دلایل مختلفی از جمله عدم شناسایی کامل ریسک و اثر آن ریسک و یا پیچیدگی‌های ماهیت ریسک تحت پوشش برخی بیمه‌نامه‌ها، داشته باشد و توجه بیشتر بیمه‌گران را می‌طلبد. بررسی پژوهش‌های انجام شده در حوزه صنعت بیمه مشخص می‌نماید که تعداد کثیری از نگارش‌های صورت پذیرفته به جنبه‌های کلی و کیفی پرداخته‌اند و مبحث اندازه‌گیری در این حوزه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پیچیدگی‌ها و تنوع روش‌های ریاضی به کاررفته در حوزه اندازه‌گیری اثر ریسک، می‌تواند دلیل عدم امکان پیاده‌سازی علمی و عملی آن در فضای فعلی صنعت بیمه باشد. فقدان روشی عملی و نسبتاً ساده در خصوص اندازه‌گیری کمی تأثیر ریسک‌ها بر خسارت نهایی در فضای صنعت بیمه کشور بشدت احساس می‌گردد. در این پژوهش با به کارگیری منطق فازی روشی کمی، ساده و کاربردی برای محاسبه ریسک به منظور تعیین حق بیمه منصفانه ارائه داده ایم و سپس با استفاده از تکنیک دیمتل فازی آن ریسک‌ها را با توجه به میزان تأثیرگذاری (علت) و تأثیرپذیری (معلول) در خسارات احتمالی به صورت کمی اولویت‌بندی نماییم.

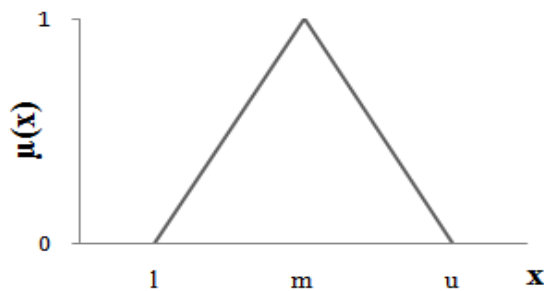
۳- روش تحقیق

۳-۱- منطق فازی و تعاریف فازی

۳-۱-۱- اعداد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی یکی از انواع اعداد فازی می‌باشد که با سه عدد l ، m و u به شکل $F = (l, m, u)$ نشان داده می‌شود و در آن u بیشینه مقداری است که عدد فازی می‌تواند انتخاب کند، کران پایین با l نشان داده می‌شود و کمینه مقداری است که عدد فازی F می‌تواند انتخاب کند و m محتمل ترین مقدار برای آن عدد می‌باشد. (شوندی، ۱۳۹۴)

تابع عضویت در این نوع از اعداد فازی به شکل ذیل تعریف می‌شود (نمودار ۱):



نمودار (۱)

$$\mu(x) \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & \text{O.W} \end{cases}$$

۳-۱-۲- متغیرهای زبانی

بسیاری پدیده‌ها در دنیای واقعی به صورت زبانی و کیفی و نه به صورت کمی بیان می‌شوند که مثال‌هایی از آن در مقدمه عنوان گردید. در این نوع پدیده‌ها از متغیرهایی زبانی استفاده می‌شود که به صورت کلمات یا جملات عنوان می‌شوند. (شوندی، ۱۳۹۴)

۳-۱-۳- جمع اعداد فازی

جهت جمع دو یا چند عدد فازی کافی است درایه‌های نظیر به نظیر l, m, u با یکدیگر جمع شوند. (۱) همچنین جهت ضرب یک عدد در عدد فازی از فرمول ذیل استفاده می‌شود:

$$F_1 \oplus F_2 = (l_1 \oplus l_2, m_1 \oplus m_2, u_1 \oplus u_2)$$

$$k \times \tilde{N} = (kl, km, ku) \quad (2)$$

۳-۱-۴- غیرفازی سازی اعداد فازی

روش‌های مختلفی جهت تبدیل اعداد فازی به اعداد غیرفازی وجود دارد که در این مقاله از فرمول ذیل جهت تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی استفاده شده است:

$$V = \frac{(l + 2m + u)}{4} \quad (3)$$

۳-۲- تئوری دیمتل فازی

تکنیک دیمتل^۱ یکی از انواع روش‌های تصمیم‌گیری براساس مقایسه‌های زوجی است، که با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آنها با به‌کارگیری اصول نظریه گراف‌ها، ساختاری سلسله مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیر و تأثر متقابل ارائه می‌دهد، بگونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. در واقع این تکنیک برای بررسی مسائل بسیار پیچیده جهانی و نیز برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض به کار می‌رود و شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی مورد بررسی قرار می‌دهد، بازخورها توأم با اهمیت آنها را تجسس نموده و روابط انتقال‌ناپذیر را می‌پذیرد (آقا ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۷).

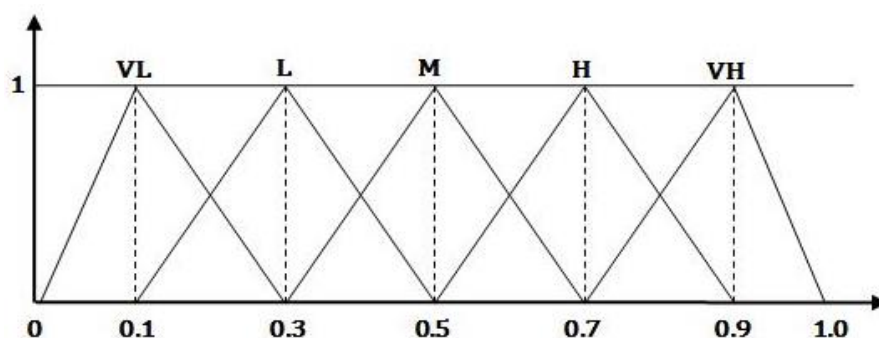
نخستین بار وو و لی^۲ (۲۰۰۷) در مقاله‌ای با عنوان توسعه شایستگی‌های مدیران از تکنیک دیمتل با رویکرد فازی استفاده کرده‌اند. در واقع رویکرد فازی مورد استفاده برای مقابله با عدم قطعیت و ابهام موجود در عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد بنابراین برای انجام محاسبات تکنیک دیمتل به صورت فازی نخست باید از یک طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده‌ها استفاده کرد. طیف‌های متنوعی براساس مقیاس امتیازگذاری مرسوم دیمتل پیشنهاد شده است (جعفرنژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

در این میان دو طیف فازی بیشتر مورد اقبال قرار گرفته است که هر دو طیف در جدول زیر آمده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).

جدول (۱) - طیف فازی معادل عبارات کلامی در دیمتل

متغیر زبانی	معادل قطعی	معادل فازی (الف)	معادل فازی (ب)
بدون تأثیر	۰	(۰, ۳۰, ۱۰۰, ۰)	(۰, ۰, ۰, ۰, ۲۵)
تأثیر کم	۱	(۰, ۳۰, ۱۰۰, ۵)	(۰, ۰, ۰, ۲۵, ۰, ۵)
تأثیر متوسط	۲	(۰, ۳۰, ۵۰, ۷)	(۰, ۲۵, ۰, ۵۰, ۷۵)
تأثیر زیاد	۳	(۰, ۵۰, ۷۰, ۹)	(۰, ۵۰, ۷۵, ۱, ۰)
تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰, ۷۰, ۹۰, ۱, ۰)	(۰, ۷۵, ۱, ۰, ۱, ۰)

نمایش فازی مثلثی طیف فازی به شکل نمودار زیر می باشد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).



نمودار (۲) - اعداد فازی مثلثی معادل طیف دیمتل

در این قسمت این روش دیمتل فازی با استفاده از اعداد فازی مثلثی به طور کامل تشریح می گردد.

۳-۲-۱- ماتریس تصمیم گیری اولیه

در این ماتریس نظر خبرگان در خصوص ارتباط رخدادهای یک ریسک بر رخداد ریسک دیگر به صورت دودویی مورد سوال قرار می گیرد و حاصل نظرات هر فرد در یک ماتریس مربعی با اعداد فازی مثلثی ثبت می شوند که نشان دهنده میزان ارتباط ریسک هر سطر با رخداد هر یک از ریسک های ستون ماتریس می باشد.

(۴)

$$\tilde{Z}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{z}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{z}_{21}^{(k)} & 0 & \dots & \tilde{z}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{(k)} & \tilde{z}_{n2}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix}; \quad k = 1, 2, \dots, p,$$

میزان صحت و کارآمدی تصمیم نهایی به میزان زیادی به توانایی کارشناسان در آنالیز تأثیر ریسک ها از همدیگر دارد. علت^۱ و پیامد^۲ های خطرات دو مفهوم متفاوت هستند. منظور از علت به وجود آوردن، ریسک ها و منظور از پیامدها نتیجه اتفاق افتادن ریسک هاست (وی ون و یو تینگ^۳، ۲۰۰۷).

علت و پیامد در حقیقت موقعیت های خطرزا و اتفاقات را به هم ربط می دهد و این ارتباطات معمولاً پیچیده و ظریف می باشند.

1. Cause
2. Effect
3. Wei-Wen & Yu-Ting

۳-۲-۲- نرمالایز نمودن ماتریس

جهت نرمالایز نمودن ماتریس فوق برای هر یک از خبرگان، عناصر u_{ij} از هر یک از عناصر از فازی هر سطر ماتریس را با هم جمع می‌نماییم و سپس سطری که بیشترین جمع عناصر را به خود اختصاص داد انتخاب و جمع آن سطر را r نام گذاری می‌نماییم:

$$r^{(k)} = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij}^{(k)} \right) \quad (5)$$

حال با تقسیم اعداد ماتریس فازی Z بر عدد r ماتریس X که نشان‌دهنده ماتریس نرمالایز شده نظر هر یک از خبرگان می‌باشد بدست می‌آید:

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} = \left(\frac{\ell_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{m_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} \right) \quad (6)$$

$$\tilde{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^{(k)} & \tilde{x}_{12}^{(k)} & \cdots & \tilde{x}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{x}_{21}^{(k)} & \tilde{x}_{22}^{(k)} & \cdots & \tilde{x}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{(k)} & \tilde{x}_{n2}^{(k)} & \cdots & \tilde{x}_{nm}^{(k)} \end{bmatrix}; \quad k = 1, 2, \dots, p, \quad (7)$$

۳-۲-۳- ماتریس میانگین ارتباط مستقیم

جهت میانگین‌گیری از نظرات خبرگان، تعداد p ماتریس که هر یک نشان‌دهنده نظر یکی از افراد مورد پرسش می‌باشد با هم جمع و در نهایت بر p تقسیم می‌شود. جهت جمع و تفریق اعداد فازی از فرمول‌های (۱) و (۲) استفاده شده است (چی جن و وی ون^(۱)):

$$\tilde{x} = \frac{\tilde{x}^{(1)} + \tilde{x}^{(2)} + \tilde{x}^{(3)} + \dots + \tilde{x}^{(p)}}{p} \quad (8)$$

تا اینجا نظر کلی کارشناسان در خصوص تأثیر یک ریسک در رخداد ریسک دیگر اخذ گردید و با میانگین‌گیری از کل نظرات به ماتریس واحدی رسیدیم که به تطابق آن با واقعیت اطمینان بیشتری داریم. اما این ماتریس میزان اتفاق یک ریسک بر رخداد ریسک دیگر طی یک مرحله را نشان می‌دهد درحالی‌که برای مثال ریسک C_1 می‌تواند باعث رخداد ریسک C_2 و این ریسک می‌تواند باعث اتفاق ریسک C_3 شود و این زنجیره بلافاصله از رخدادها ممکن است شامل تعداد زیادی از رخدادها بوده و در نهایت باعث رخداد خسارت C_0 شود، لذا هدف بایستی اندازه‌گیری میزان ارتباط مثلا ریسک C_1 با رخداد ریسک نهایی C_0 باشد.

۳-۲-۴- ماتریس ارتباط کلی (ماتریس T)

جهت محاسبه ارتباط رخداد ریسک C_i با رخداد ریسک C_j طی n مرحله لازم است ماتریس حاصل از فرمول شماره (۸) به توان n برسد و اگر توان یکم تا توان n ام ماتریس مذکور با هم جمع شوند و n به بی‌نهایت میل نماید ماتریس T که

آن را ماتریس ارتباط کلی می‌نامیم حاصل می‌شود که درایه \tilde{ij} آن نشان‌دهنده میزان ارتباط رخداد ریسک i ام بر رخداد ریسک j ام با در نظر گرفتن تمام پیامدها خواهد بود:

$$\tilde{T} = \lim_{w \rightarrow \infty} (\tilde{X} + \tilde{X}^2 + \dots + \tilde{X}^w) \quad (9)$$

جهت محاسبه ماتریس فازی ارتباط کلی (T) لازم است ابتدا ماتریس فازی ارتباط اولیه (X) باتوجه به مثلثی بودن درایه‌های ماتریس به سه زیر ماتریس تقسیم شود سپس هر یک از این سه زیر ماتریس به توان رسیده و سه ماتریس نهایی حاصل دوباره با هم ادغام و ماتریس فازی ارتباط کلی (T) را بوجود آورند:

$$\tilde{X}^w = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^{(w)} & \tilde{x}_{12}^{(w)} & \dots & \tilde{x}_{1n}^{(w)} \\ \tilde{x}_{21}^{(w)} & \tilde{x}_{22}^{(w)} & \dots & \tilde{x}_{2n}^{(w)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{(w)} & \tilde{x}_{n2}^{(w)} & \dots & \tilde{x}_{nn}^{(w)} \end{bmatrix}, \quad \tilde{x}_{ij}^{(w)} = (\ell_{ij}^{(w)}, m_{ij}^{(w)}, u_{ij}^{(w)})$$

سه ماتریس حاصل از تفکیک درایه‌های سه جزئی فازی مثلثی ماتریس فوق به صورت ذیل می‌باشند:

$$[\ell_{ij}^{(w)}] = \begin{bmatrix} \ell_{11}^{(w)} & \ell_{12}^{(w)} & \dots & \ell_{1n}^{(w)} \\ \ell_{21}^{(w)} & \ell_{22}^{(w)} & \dots & \ell_{2n}^{(w)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ell_{n1}^{(w)} & \ell_{n2}^{(w)} & \dots & \ell_{nn}^{(w)} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$[m_{ij}^{(w)}] = \begin{bmatrix} m_{11}^{(w)} & m_{12}^{(w)} & \dots & m_{1n}^{(w)} \\ m_{21}^{(w)} & m_{22}^{(w)} & \dots & m_{2n}^{(w)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1}^{(w)} & m_{n2}^{(w)} & \dots & m_{nn}^{(w)} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$[u_{ij}^{(w)}] = \begin{bmatrix} u_{11}^{(w)} & u_{12}^{(w)} & \dots & u_{1n}^{(w)} \\ u_{21}^{(w)} & u_{22}^{(w)} & \dots & u_{2n}^{(w)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1}^{(w)} & u_{n2}^{(w)} & \dots & u_{nn}^{(w)} \end{bmatrix} \quad (12)$$

حال جهت محاسبه ماتریس ارتباط کلی داریم:

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \dots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \dots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix} \quad \tilde{t}_{ij} = (\ell''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}) \quad (13)$$

باعنایت به فرمول شماره (۸) درایه‌های ماتریس فوق از ترکیب ماتریس‌های حاصل از روابط ۱۴، ۱۵ و ۱۶ بدست می‌آیند (بابک، ۲۰۱۲):

$$\text{Matrix}[m''_{ij}] = \mathbf{X}_m \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_m)^{-1} \quad (14)$$

$$\text{Matrix}[m''_{ij}] = \mathbf{X}_m \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_m)^{-1} \quad (15)$$

$$\text{Matrix}[u''_{ij}] = \mathbf{X}_u \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_u)^{-1} \quad (16)$$

فرمول‌های (۱۴)، (۱۵) و (۱۶) با توجه به رابطه ذیل به دست می‌آیند (پاپولیس و پیلائی، ۲۰۰۲) & (گودمن، ۱۹۸۸):

$$\begin{aligned} \text{Matrix}[\ell''_{ij}] &= \lim_{w \rightarrow \infty} (\mathbf{X}_\ell + \mathbf{X}_\ell^2 + \dots + \mathbf{X}_\ell^w) \\ &= \lim_{w \rightarrow \infty} \mathbf{X}_\ell (\mathbf{X}_\ell + \mathbf{X}_\ell^2 + \dots + \mathbf{X}_\ell^w) \\ &= \mathbf{X}_\ell \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_\ell)^{-1}. \end{aligned} \quad (17)$$

۴- پیاده‌سازی تکنیک پیشنهادی در سایت پتروشیمی

در کشور عزیزمان ایران علی‌رغم فعالیت‌ها و پیشرفت‌های گسترده صورت پذیرفته در خودکفایی و تولید علم در صنعت بیمه، گسترش و توسعه برخی بیمه‌نامه‌ها همچنان مغفول باقی مانده است. این مشکل ممکن است دلایل مختلفی از جمله عدم شناسایی کامل ریسک و یا پیچیدگی‌های ماهیت ریسک تحت پوشش برخی بیمه‌نامه‌ها، داشته باشد و توجه بیشتر بیمه‌گران را می‌طلبد. لذا نگارندگان در جهت توسعه یکی از انواع این بیمه‌نامه‌ها به نام بیمه‌نامه عدم‌النفع سعی در مدیریت بیشتر ریسک‌های مرتبط با این خطر داشته‌اند.

باتوجه به توضیحات مبانی نظری در خصوص تئوری روش دیمتل فازی، جهت اجرای روش فوق یک قرارداد بیمه‌نامه عدم‌النفع مربوط به یک سایت پتروشیمی با خطرات تحت پوشش: (C₁) زلزله، (C₂) طوفان، (C₃) توقف تولید، (C₄) سقوط و ضربه، (C₅) سیل، (C₆) شکست ماشین‌آلات، (C₇) اتصال کوتاه، (C₈) نزولات جوی (C₉) آتش‌سوزی انتخاب شده است و از تعدادی از کارشناسان خبره و مطلع (از قبیل مدیر HSE، مدیر عملیات، مدیرعامل و ...) در خصوص ارتباط ریسک‌های تحت پوشش بر هم و ارتباط آنها بر وقوع، خسارت توقف تولید سایت (C₃) سوال شده است.

گام اول:

در ابتدا از کارشناسان خواسته شد با متغیرهای زبانی (بی‌ارتباط: O، ارتباط خیلی کم: VL، ارتباط کم: L، ارتباط متوسط: M و ارتباط زیاد: H) در خصوص ارتباط ریسک‌ها اظهار نظر نمایند. یک نمونه از ماتریس ارتباط اولیه اخذشده از یکی از کارشناسان به شرح جدول ۲ می‌باشد:

جدول (۲) - داده‌های زبانی دریافتی از کارشناس

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
C ₁	---	O	VH	VH	O	H	L	O	H
C ₂	O	---	H	H	O	VL	M	H	M
C ₃	O	O	---	O	O	M	O	O	M
C ₄	O	O	L	---	O	L	VL	O	L
C ₅	VL	O	H	L	---	H	M	O	L
C ₆	O	O	VH	O	O	---	L	O	H
C ₇	O	O	H	O	O	VH	---	O	VH
C ₈	O	O	VL	VL	H	VL	M	---	O
C ₉	O	O	VH	L	O	VH	VH	O	---

گام دوم:

مقادیر زبانی جدول شماره ۲ را با معادل اعداد فازی در جدول شماره یک جایگزین می‌نماییم و ماتریس روابط اولیه با اعداد فازی حاصل می‌شود که در این مقاله Z نامیده می‌شود (رابطه شماره ۴).

گام سوم:

ماتریس Z حاصل از گام دوم را با توجه به فرمول‌های شماره ۵ و ۶ نرمالایز نموده و ماتریس روابط اولیه فازی و با اعداد نرمالایز شده X حاصل می‌شود (رابطه شماره ۷).

گام چهارم:

میانگین تمام ماتریس‌های فازی نرمالایز شده که نظر هر شخص را نشان می‌دهد را مطابق رابطه شماره ۸ محاسبه می‌نماییم. ماتریس حاصل به نوعی چکیده و عصاره نظر تمام کارشناسان در خصوص رابطه اتفاق یک ریسک بر اتفاق ریسک دیگر می‌باشد.

گام پنجم:

در این مرحله در صدد محاسبه ماتریس ارتباط کلی (T) هستیم که میزان ارتباط رخداد یک ریسک بر ریسک دیگر را با در نظر گرفتن حالت زنجیره دوتایی از حوادث، زنجیره بلافاصله سه تایی از حوادث، ... تا زنجیره بلافاصله n تایی از حوادث را محاسبه و به صورت کمی نشان می‌دهد (رابطه شماره ۹). جهت محاسبه جمع توان ۱ تا n یک ماتریس از روابط شماره ۱۴، ۱۵ و ۱۶ استفاده می‌شود.

لازم به توضیح است جهت به توان رساندن ماتریس فازی X ابتدا بایستی آن را به سه ماتریس غیرفازی L ، M و U مطابق روابط شماره ۱۰، ۱۱ و ۱۲ تبدیل نمود و سپس با استفاده از روابط ۱۴، ۱۵ و ۱۶ حاصل جمع توان یکم تا توان n ام سه ماتریس غیرفازی L ، M و U حاصل می‌شود و ترکیب این سه ماتریس غیرفازی، ماتریس فازی و ارتباط کلی (T) را نتیجه می‌دهد. اعداد ماتریس فازی و ارتباط کلی (T) در محاسبات این مقاله با دقت شش رقم اعشار در نظر گرفته شده است، اما به دلیل محدودیت فضا در نمایش این ماتریس در جدول شماره ۳، فقط تا یک رقم اعشار ثبت شده‌اند:

جدول (۳) - ماتریس فازی ارتباط کلی (T)

	C ₉			C ₈			C ₇			C ₆			C ₅			C ₄			C ₃			C ₂			C ₁									
	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	
0 .4 0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁
0 .2 0	0.2	0.1	0.4	0.4	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	C ₂
0 .3 0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	C ₃
0 .2 0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	C ₄
0 .3 0	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1	0.0	0.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	C ₅
0 .3 0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	C ₆
0 .5 0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	C ₇
0 .3 0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1	0.4	0.1	0.0	0.5	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	C ₈
0 .6 0	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	C ₉

گام ششم:

در این مرحله مجموع هر سطر ماتریس ارتباط کلی را با نماد (D) و مجموع هر ستون ماتریس ارتباط کلی را با نماد (R) جهت تعیین به ترتیب میزان تأثیرگذاری (علت) یا تأثیرپذیری (معلول) نشان می دهیم.

اعداد سطرهای ماتریس T نشان دهنده تأثیری است که عامل آن سطر بر رخداد سایر ریسک‌های مربوط به هر ستون دارند و عدد هر ستون نشان دهنده میزان تأثیرپذیری (معلول) است که ریسک‌های هر سطر بر رخداد عامل هر ستون دارند:

$$D = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad R = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad T = t_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n,$$

بنابراین بردار افقی (D + R) جمع میزان تأثیرگذاری (علت) و تأثیرپذیری (معلول) عامل موردنظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد و آن ریسک اهمیت بیشتری خواهد داشت.

بردار عمودی (D - R) قدرت تأثیرگذاری (علت) هر عامل را نشان می دهد. به طور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می شود.

اعداد حاصل از (D - R) در جدول شماره ۳ و (D + R) در جدول ۴ به شرح جداول ۳ و ۴ می باشند.

جدول (۳)

	D - R		
	u	m	l
C ₁	3.852093	2.33554	0.488001
C ₂	3.972093	2.13054	0.358001
C ₃	-0.17337	-1.49238	-2.6233
C ₄	-0.08437	-1.79938	-2.4633
C ₅	3.784093	1.75854	0.759001
C ₆	-0.25337	-1.8323	-2.2633
C ₇	2.925093	1.71854	0.799001
C ₈	4.112093	1.93554	0.558001
C ₉	-0.12337	-1.57238	-2.7933

جدول (۴)

	D + R		
	u	m	l
C ₁	4.245067	1.6634	0.493716
C ₂	3.611303	1.130175	0.318604
C ₃	3.752236	1.009044	0.283984
C ₄	3.552708	0.972513	0.277639
C ₅	3.60768	1.115225	0.303446
C ₆	4.896785	1.499675	0.697126
C ₇	4.408362	1.81725	0.500317
C ₈	4.499041	1.059926	0.538267
C ₉	5.335348	1.467934	0.651624

گام هفتم:

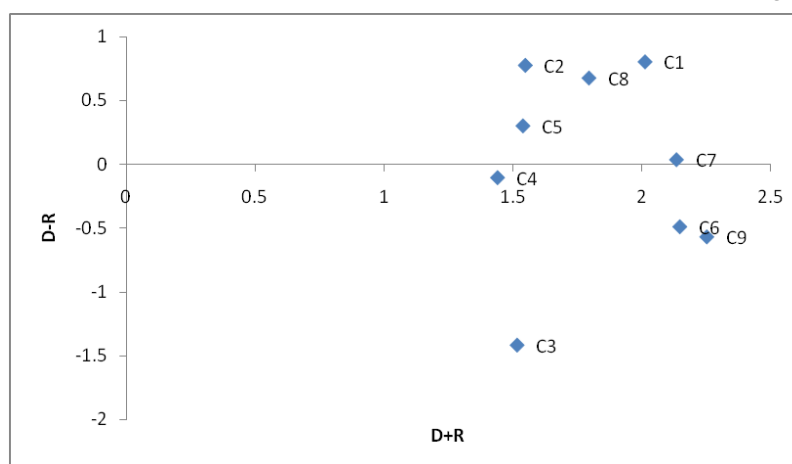
اعداد حاصل شده در گام پنج به صورت فازی می‌باشند لذا بایستی جهت ترسیم آنها در دستگاه مختصات دکارتی از حالت فازی به حالت قطعی تغییر پیدا نمایند در این خصوص از فرمول رابطه (۳) جهت تبدیل اعداد فازی مثلی به اعداد قطعی استفاده می‌شود. حال اعداد زوجی قابل ترسیم در دستگاه مختصات خواهیم داشت:

جدول (۵)

	D + R	D - R
C ₁	2.013201	0.802092
C ₂	1.548269	0.774696
C ₃	1.51628	-1.41942
C ₄	1.440397	-0.10603
C ₅	1.538935	0.300119
C ₆	2.148435	-0.4912
C ₇	2.135338	0.034803
C ₈	1.795399	0.675376
C ₉	2.253192	-0.57043

گام هشتم:

در نهایت یک دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌شود. در این دستگاه محور طولی مقادیر $D + R$ و محور عرضی براساس $D - R$ می‌باشد. موقعیت هر عامل با نقطه‌ای به مختصات $(D + R, D - R)$ در دستگاه معین می‌شود. به این ترتیب یک نمودار گرافیکی بدست خواهد آمد (نمودار ۲).



نمودار (۳)

باتوجه به نمودار شماره ۱ و توضیحات ارائه شده در گام پنج مشخص است ریسک‌های C₁ (زلزله)، C₂ (طوفان) و C₈ (نزولات جوی) از بین تمام ریسک‌های انتخاب شده برای بررسی، جزء ریسک‌هایی طبقه‌بندی می‌شوند که کمتر از ریسک دیگری تأثیر می‌پذیرند و بیشتر تأثیرگذار و عامل بوجود آمدن ریسک‌های دیگر می‌باشند.

با در نظر گرفتن محور افقی و درایه‌های اول نقاط فوق مشخص است که ریسک‌های C₉ (آتش سوزی)، C₆ (شکست ماشین‌آلات) و C₇ (اتصال کوتاه) در قیاس با سایر ریسک‌ها اهمیت بیشتری در به وجود آمدن حادثه توقف تولید (C₃) و سایر ریسک‌ها دارند. چرا که حاصل جمع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (معلول) آنها در به وجود آمدن ریسک‌ها نسبت به بقیه موارد بیشتر است. بنابراین کنترل این خطرات در پیشگیری و یا انقطاع زنجیره اتفاقاتی که به خسارت منتهی می‌شود دارای الویت بیشتری است. همچنین سهم بیشتری از حق بیمه را نسبت به سایر ریسک‌ها به خود اختصاص می‌دهند.

در نهایت شاخص (D + R) و (D - R) که اعدادی کمی برای هر یک از ریسک‌ها در خصوص تأثیرگذاری (علت) و تأثیرپذیری (معلول) می‌باشد و نشان‌دهنده میزان قرارگیری ریسک مربوطه در شروع و یا میانه یک زنجیره از اتفاقات منجر به خسارت می‌باشد، لذا استفاده از این معیار کمی در کنار سایر معیارها می‌تواند در خصوص قیمت تحت پوشش قرار گرفتن هر ریسک در نظر گرفته شود.

۵- نتیجه‌گیری

باعنایت به پیچیدگی مطالعه و بررسی ریسک‌ها و ارتباط آنها بر یکدیگر و مفصل بودن مطالب فازی و از طرفی محدودیت‌های موجود در ارائه پژوهش، این مقاله با بکارگیری منطق فازی، روشی نسبتاً ساده در خصوص اندازه‌گیری کمی آثار ریسک‌ها بر یکدیگر ارائه داده و سپس تکنیک دیمتل فازی اولویت‌بندی آنها را انجام داده است. در این راستا ابتدا خطرهای اصلی و تحت پوشش شناسایی و سپس اثری که این خطرات روی خسارت احتمالی خواهند داشت اندازه‌گیری شده است. نکته حائز اهمیت این است که پژوهش حاضر اثر این خطرات تنها به صورت مستقیم روی خسارت را مدنظر قرار نداده است، بلکه اثری که یک خطر می‌تواند بر ایجاد خطر دیگر و در نهایت آن خطر روی خسارت داشته باشد را در نظر گرفته است. به بیان دیگر یک خطر می‌تواند زنجیره‌ای بلافصل دوتایی، سه تایی، N تایی از خطرات دیگر را ایجاد و در نهایت آخرین حلقه این زنجیر منجر به خسارت شود، که در صنعت بیمه خطر اولیه علت خسارت در نظر گرفته می‌شود. در نهایت رتبه‌بندی ریسک‌ها از نظر میزان علت (اثرگذاری) به شرح جدول شماره ۶ می‌باشد و به بیان دیگر این جدول امتیاز هر خطر در بوجود آوردن زنجیره ای بلافصل از خطرات را نشان می‌دهد.

جدول (۶)

خطرات	نماد	D + R
آتش سوزی	C9	2.253192
شکست ماشین آلات	C6	2.148435
اتصال کوتاه	C7	2.135338
زلزله	C1	2.013201
نزولات جوی	C8	1.795399
طوفان	C2	1.548269
سیل	C5	1.538935
توقف تولید سایت	C3	1.51628
سقوط و ضربه	C4	1.440397

و رتبه‌بندی ریسک‌ها از نظر میزان معلول بودن به شرح جدول شماره ۷ می‌باشد و به بیان دیگر این جدول بیانگر این موضوع است که خطرات با چه امتیازی از سایر خطرات منتج می‌شوند.

جدول (۷)

خطرات	نماد	R-D
توقف تولید سایت	C3	-1.41942
آتش سوزی	C9	-0.57043
سقوط و ضربه	C4	-0.10603
شکست ماشین آلات	C6	-0.4912
اتصال کوتاه	C7	0.034803
سیل	C5	0.300119
نزولات جوی	C8	0.675376
طوفان	C2	0.774696
زلزله	C1	0.802092

در خاتمه می‌توان گفت این پژوهش با به کارگیری منطق فازی، یک روش تصمیم‌گیری جمعی در خصوص کمی‌سازی اثر ریسک‌های تهدیدکننده یک پالایشگاه در یک بیمه‌نامه عدم‌انفع را معرفی نموده و ریسک‌ها را با توجه به میزان تأثیرگذاری (علت) و تأثیرپذیری (معلول) در خسارات احتمالی به صورت کمی اولویت‌بندی نموده است.

منابع

۱. اصولی، س.ح.، ۱۳۸۴. راهنمای پیکره‌ی دانش مدیریت پروژه. تهران: انتشارات مرکز تحقیقات و توسعه مدیریت پروژه شرکت ملی صنایع پتروشیمی.
۲. آقا ابراهیمی، ب.، ماکوئی، ا.، صدرلاهیجانی، م.، ۱۳۸۷. ارزیابی چالش‌های شرکت‌های ایرانی در پروژه‌های نفت و گاز با تکنیک DEMATEL مجله علمی-پژوهشی شریف، شماره ۴۵، صفحه ۱۲۱-۱۲۹.
۳. بیات، ر.، دهقان، و.، ذبیحی زوارم، ح.، ۱۳۹۴. خوشه‌بندی شرکت‌های بیمه در ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک GAFC. کنفرانس بین‌المللی مدیریت، فرهنگ و توسعه اقتصادی. مشهد.
۴. جعفرنژاد، ا.، احمدی، ا.، ملکی، م. (۱۳۹۰). ارزیابی تولید ناب با استفاده از رویکرد ترکیبی از تکنیک‌های ANP و DEMATEL در شرایط فازی، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال هشتم، شماره ۲۰، صفحات ۱-۲۵.
۵. حبیبی، آ.، ایزدیار، ص.، سرافرازی، ا.، ۱۳۹۳، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، تهران: انتشارات کتیبه گیل
۶. شوندی، ح.، ۱۳۹۴. نظریه مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مهندسی صنایع و مدیریت. تهران: گسترش علوم پایه.
7. Babak A. Samani, FarzadShahbodaghlou, 2012, A Fuzzy Systematic Approach to Construction Risk Analysis.
8. Chi-Jen Lin, Wei-Wen Wu, 2008, A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment
9. Ghasemi.S , Mahmoudvand.R , Yavari.K, 2015, Application of the FMEA in insurance of high-risk industries: a case study of Iran's gas refineries, Stoch Environ Res Risk Assess.
10. Goodman, R. (1988). Introduction to stochastic models. Monlo Park, California: Benjamin/Cummings Publishing Company.
11. Mirzaee Aliabadi . M , Kalapour .O , Mohammadfam . I , Babaee Masdarghi .Y , Risk Assessment of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Storage Tanks in Process Industries Using the Bowtie Technique, Journal of Occupational Hygiene Engineering, No 10, Volume 3, Issue 2, 2016.
12. Papoulis, A., & Pillai, S. U. (2002). Probability, random variables, and stochastic processes. New York: McGraw-Hill.
13. Wei-Wen Wu, Yu-Ting Lee, (2007), International Trade Department, Ta Hwa Institute of Technology, 1.Ta Hwa Road, Chiung-Lin, Hsin-Chu 307, Taiwan