نشریه علمی(فصلنامه) پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال ششم/ شماره ۱۸/ بهار ۱۳۹۹/ صفحات ۶۶ - ۳۹

ارزیابی عوامل ریسک منابع انسانی در پروژه‌های نفت و گاز: مطالعه موردی شرکت نفت و گاز پارس

مهدی علی کاظمی
کارشناسی ارشد ، گروه مهندسی صنایع ، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب ، تهران ، ایران.
monadi.kazemi@gmail.com
رضا احتشام راثی
گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. (نویسنده مسئول)
ehteshamrasi@qiau.ac.ir
مسعود علی حسینی
کارشناسی ارشد، گروه مدیریت منابع انسانی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.
crm3.marketing@hdafco.com

هدف از این پژوهش ارائه چارچوبی جامع به منظور تجزیه و تحلیل عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز است. رویکرد ارائه شده در این پژوهش از چند بخش تشکیل گردیده است؛ در بخش اول ۱۹ ریسک بالقوه رایج در پروژه‌های شرکت نفت و گاز پارس از طریق روش اعتباریابی لاوشه در قالب شش گروه نهایی‌سازی گردید، این عوامل از طریق مرور تحقیقات پیشین و همچنین مصاحبه با خبرگان شناسایی گردید. در ادامه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین به محاسبه اوزان مربوط به شاخص‌های ارزیابی عملکرد هر ریسک پرداخته‌شد. بعدازآن به‌منظور رتبه‌بندی و تعیین ریسک‌های بحرانی از یک رویکرد یکپارچه جدید مبتنی بر روش حالات خطا و تجزیه و تحلیل اثرات آن و روش ترکیبی تحلیل رابطه خاکستری- ویکور تحت محیط فازی بهره‌برده‌شد. در نهایت جهت تخصیص استراتژی‌های پاسخ به هر یک از ریسک‌های بحرانی یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه صفر و یک پیشنهاد گردید و جهت حل آن از رویکرد اپسیلون- محدودیت تکامل یافته به کار گرفته شد. براساس نتایج کسب شده عوامل خطر برق‌گرفتگی ، خطر نشتی هنگام راه‌اندازی به دلیل گیرافتادن لباس و اعضای بدن فرد تعمیرکار بین تجهیزات دوار و ثابت به ترتیب به‌عنوان بحرانی‌ترین عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز شرکت پارس انتخاب شدند.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، روش حالات خطا و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن، تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه صفر و یک.

تاریخ دریافت: ۵ / ۱ / ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: ۱ / ۷ / ۱۳۹۸

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱. مقدمه

صنعت نفت و گاز در حال گذراندن دوره تغییرات اساسی و سریع است. در ایران بخش نفت و گاز با توجه به سهم قابل‌توجه آن از درآمد ملی، پشتوانه اقتصادی کشور بوده و ایران یکی از پنج کشور دارای ذخایر نفت و گاز جهان است. در سال‌های گذشته پروژه‌های بسیاری همچون پارس جنوبی در کشور اجرا شده و قابلیت افتتاح پروژه‌های جدید در آینده نیز وجود دارد و از طرفی با توجه به شرایط خطرپذیری فعلی در منطقه و تحریم‌های متوالی و تهدید تداوم برجام، مطالعه موضوعات مرتبط با مدیریت ریسک پروژه در بخش نفت و گاز باید در اولویت قرارگیرد.

پروژه‌های نفت و گاز به علت پیچیدگی، خطرپذیری و وجود تعداد زیاد سهامدار باید از نظر فنی مطابق بودجه و زمان‌بندی دقیق و کم خطایی باشند(بریل[1] و همکاران،۲۰۱۳). برای تضمین کارایی و دقت انجام پروژه‌های نفت و گاز، مطالعات صنعتی و دانشگاهی زیادی برای توسعه استراتژی‌های مدیریت پروژه در جهت کاهش خطاهای پروژه انجام شده‌است. مدیریت ریسک پروژه به‌عنوان عامل مهمی در نیاز به ارزیابی دقیق برای تضمین حداقل سازی خطاهای پروژه شناسایی شده‌است (ال سوبایه[2]،۲۰۱۵؛کاروالو[3] و همکاران،۲۰۱۵). برای بهبود عملکرد پروژه، شرکت‌ها به سمت پیاده‌سازی استراتژی‌های مدیریت ریسک اثربخش روی آورده‌اند. این استراتژی‌ها به شرکت‌ها جهت بهبود ارزش ایجاد شده در میان اقلام تحویل شدنی به همراه حفظ رقابت‌پذیری کمک می‌کند (دنی[4]،۲۰۱۸). اگرچه مطالعات بسیاری در زمینه‌ی مدیریت ریسک

[1]. Briel
[2]. Al Subaih
[3]. Carvalho
[4]. Denney

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

پروژه در صنایع مختلف مانند فناوری اطلاعات و یا ساخت و ساز ارائه شده؛ اما در صنعت نفت و گاز خلا ارائه روش‌های مناسب مدیریت ریسک پروژه به چشم می‌آید. تمرکز این پژوهش بر روی توسعه یک روش اختصاصی کمی و کیفی برای مدیریت ریسک پروژه‌های صنعت نفت و گاز است که به دنبال پاسخگویی به سوالات زیر خواهد بود:

- ریسک‌های موجود درزمینه‌ی برنامه‌ریزی پروژه در صنعت نفت و گاز چه هستند؟
- احتمال و عواقب و به دنبال آن اولویت‌بندی‌های این ریسک‌ها چگونه است؟
- استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌های بالقوه چگونه است؟

در این پژوهش ترکیب روش‌های حالات خطا و تجزیه وتحلیل اثرات آن، بهترین-بدترین و رویکرد ترکیبی تحلیل رابطه خاکستری-ویکور تحت محیط فازی راهکاری نوین برای شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و عوامل ریسک پروژه است. همچنین استفاده از روش محدودیت اپسیلون تکامل‌یافته برای تعیین استراتژی‌های مقابله با ریسک، به اپراتور اجازه می‌دهد تا استراتژی‌ها را براساس مطلوبیت خویش نسبت به هر هدف تعیین کند. تحقیقات بسیاری به بررسی مدیریت ریسک در حوزه‌های مختلف صورت پذیرفته‌است، هرچند راج[1] و همکاران(۲۰۱۸) معتقدند که مطالعات اندکی درزمینه مدیریت ریسک پروژه انجام شده‌است. ابراهیم‌نژاد و همکاران(۲۰۱۰) به شناسایی ریسک‌های معمول در پروژه‌های ساخت، بهره‌برداری و واگذاری پرداخته‌اند. آنها یک ساختار سلسله مراتبی جدید از ریسک‌ها براساس دیدگاه پروژه محور ارائه دادند. ژو[2] و همکاران (۲۰۱۰) یک رویکرد جدید به منظور توسعه یک مدل کاربردی ارزیابی ریسک قابل‌اعتماد براساس داده‌های به‌دست‌آمده از چین را ارائه دادند. نیتوموروت و رز ویلا[3] (۲۰۱۱) در پژوهششان

1. Raj
2. Xu
3. Nieto-Morote and Ruz-Vila

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

یک روش ارزیابی ریسک براساس نظریه مجموعه‌های فازی ارائه دادند؛ به‌طوری‌که این روش ابزاری مؤثر برای مقابله با قضاوت ذهنی باشد و در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای ساختاردهی به تعداد زیادی ریسک استفاده شده‌است.

هوانگ[1] و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت وساز کوچک برحسب وضعیت، موانع و تأثیر مدیرت ریسک بر عملکرد پروژه پرداخته‌اند. رافیندادی[2] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به بررسی ادراک جهانی ریسک‌های پروژه ساخت و ساز پایدار پرداختند. هدف این مطالعه مقایسه ارزیابی ذینفعان مختلف از ریسک و نفوذ سهامداران بر موفقیت پروژه بوده است. خودیر[3] و محمد(۲۰۱۵) به شناسایی احتمال بزرگ‌ترین ریسک‌ها در پروژه‌های ساختمانی در مصر با توجه به متغیرهای سیاسی و اجتماعی پرداختند. در پژوهش احمدی و همکاران (۲۰۱۷) معیار اصلی برای اولویت‌بندی رویدادهای بالقوه خطر، هزینه، زمان و کیفیت هستند که با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی تطبیق می‌شوند. رحیمی و همکاران (۲۰۱۸) روشی ترکیبی بر پایه حالات خطا و تجزیه وتحلیل اثرات آن و ایزو ۳۱۰۰۰ برای شناسایی، ارزیابی و کنترل اثربخش مشکلات ارائه دادند. در این مطالعه یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای انتخاب استراتژی‌های پاسخ ریسک بهینه برای پروژه‌ها ارائه گردید. آدلکه[4] و همکاران(۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی نقش تأثیر عوامل خارجی سازمانی بر مدیریت ریسک ساخت وساز در شرکت‌های ساخت وساز نیجریه با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری پرداختند. فتاحی و همکاران(۲۰۱۸) از عدد اولویت ریسک موزون فازی جهت تخصیص به هر شکست استفاده شده‌است. در این پژوهش وزن فاکتورها و وزن حالت‌های شکست از رویکرد ترکیبی فازی تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش

1. Hwang
2 Rafindadi
3. Khodeir
4. Adeleke

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

MULTIMOORA محاسبه می‌شود. کولیناس[1] و همکاران(۲۰۱۹) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل ریسک در سایت‌های کار با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی در بخش ساخت وساز یونان پرداختند.

۲. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش اجرا تحقیق پیمایشی و توصیفی است. نخست با مرور ادبیات پیشین فهرستی از ۳۴ ریسک مؤثر مرتبط با پروژه‌های صنعت نفت و گاز و همچنین یک جدول مصاحبه برمبنای روش اعتباریابی لاوشه تنظیم شده‌است. سپس پرسشنامه مربوطه در اختیار یک کمیته متخصص در حوزه مدیریت ریسک قرار گرفت و از آنها خواسته‌شد موافقت و مخالفت خود را نسبت به هر یک از عوامل ریسک را تعیین کنند. در نهایت پس از اعمال نظرات خبرگان یک لیست نهایی شامل ۱۹ ریسک در شش دسته جهت ارزیابی نهایی مطابق با جدول (۱) تعیین شد. پنج فاز اصلی روش‌شناسی که در این پژوهش به کار گرفته‌شده‌است در شکل (۱) نشان داده شده‌است. بدین‌صورت که پس از شناسایی و پالایش عوامل ریسک، میزان اهمیت (اوزان) معیارهای مربوطه جهت ارزیابی ریسک‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین- بدترین حاصل می‌گردد. بعد از آن به منظور رتبه‌بندی و تعیین ریسک‌های بحرانی در صنعت نفت و گاز از یک رویکرد یکپارچه جدید مبتنی بر روش‌های حالات خطا و تجزیه و تحلیل اثرات آن، بهترین- بدترین و رویکرد ترکیبی تحلیل رابطه خاکستری- ویکور تحت محیط فازی بهره برده می‌شود. در نهایت از طریق مدل‌سازی ریاضی استراتژی‌های مناسب جهت پاسخ‌دهی به هر یک از ریسک‌ها نیز انتخاب می‌گردد. لذا پژوهش حاضر از حیث روش اجرا از نوع تحقیق کتابخانه‌ای و میدانی (پیمایشی) است.

1. Koulinas

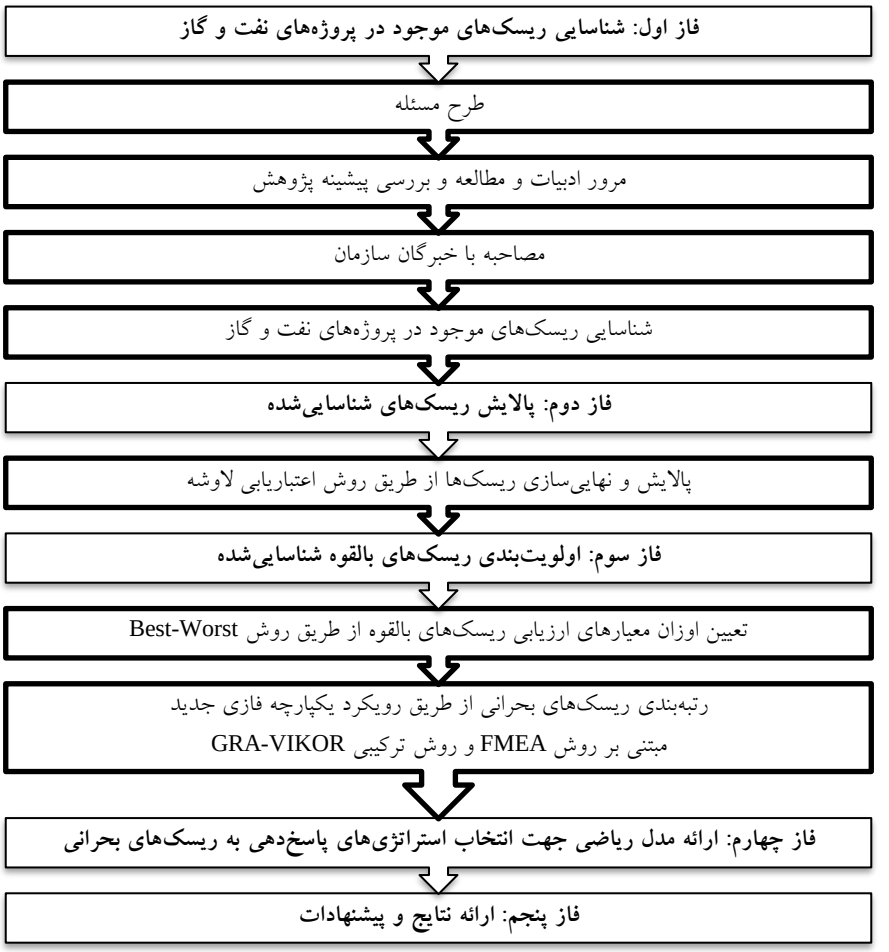
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۱. ریسک‌های بالقوه مرتبط با پروژه‌های صنعت نفت و گاز

ردیف	نوع ریسک	خطرات بالقوه شناسایی‌شده	کد
۱	عوامل محیط کار و محیط‌زیست	انتشار گازهای مضر، سموم حاصل از جوشکاری	R_1
۲		سروصدا	R_2
۳		ارتعاش	R_3
۴	بچینگ پلنت	بروز تصادفات جاده‌ای	R_4
۵		سقوط سیلوی سیمان	R_5
۶		خطر سقوط باکت مصالح در حین جابجایی توسط وینچ تا بالای میسکر	R_6
۷		سقوط تراک میکسر یا نفرات به داخل حوضچه ترسیب	R_7
۸	پیش راه‌اندازی مکانیک	سقوط افراد از روی داربست و زیر پایی‌های نامناسب	R_8
۹		خطر نشتی هنگام راه‌اندازی	R_9
۱۰		سقوط ناگهانی جرثقیل و بار روی فرد هنگام تست‌ها	R_{10}
۱۱	حوادث	شکستگی بست داربست در حین عملیات داربست‌بندی	R_{11}
۱۲		سقوط از ارتفاع فرد به دلیل عدم مهار کردن قلاب کمربند ایمنی Harness	R_{12}
۱۳		گیر افتادن لباس و اعضاء بدن فرد تعمیرکار بین تجهیزات دوار و ثابت	R_{13}
۱۴		خطر برق‌گرفتگی	R_{14}
۱۵	ذینفعان	توسعه و انتقال حریق از پیمانکاران هم‌جوار به محدوده کارگاه	R_{15}
۱۶		انتشار گاز H2S یا گازهای سمی و قابل اشتعال از تأسیسات و توسعه و تأثیر آن در فضای هم‌جوار پروژه	R_{16}
۱۷	ساختمانی و تأسیسات	عوارض تنفسی ناشی از رنگ‌آمیزی در محیط بسته	R_{17}
۱۸		سقوط نفر هنگام نصب پنجره در ارتفاع	R_{18}
۱۹		سوختگی با قیر مذاب هنگام عایق‌کاری	R_{19}

مأخذ: نتایج تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



شکل ۱. چارچوب نظری پژوهش

۲-۱. روش حالات خطا و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن

روش حالات خطا و تجزیه و تحلیل اثرات آن تکنیک تحلیلی است که جهت تشخیص، کاهش و حذف خطاها و مشکلات بالقوه و بالفعل موجود در سیستم، طراحی محصول، فرآیند تولید یا خدمت قبل از رسیدن آنها به دست مشتری به کار می‌رود. در این روش پس از شناسایی و استخراج ریسک‌ها، عدد اولویت ریسک (RPN) برای هر حالت بالقوه خطا و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

اثر آن با ضرب سه عامل شدت اثر (S)، احتمال وقوع (O) و قابلیت کشف خطا (D) به‌صورت معادله (۱) تعیین می‌شود:

$$RPN = S \times O \times D \quad (۱)$$

این سه عامل با مقیاسی از یک تا ۱۰ درجه‌بندی می‌شود. با توجه به اینکه سه عامل فوق می‌توانند اعدادی بین یک تا ۱۰ اختیار کنند، عدد اولویت ریسک رقمی بین یک تا ۱۰۰۰ خواهد داشت و هرچه این مقدار برای یک حالت خرابی بالا باشد، ریسک بیشتر در قابلیت اطمینان سیستم محصول را نشان می‌دهند. به همین منظور گروه ارزیابی باید اقدامات اصلاحی مقتضی جهت کاهش آن اتخاذ نماید. براساس نقطه ضعف‌های مطرح شده برای عدد اولویت ریسک که شامل سازگاری پایین آن در نتایج است، موجب گردید که در این پژوهش مدل حالات خطا و تجزیه و تحلیل اثرات آن را توسعه داده و با ترکیب روش بهترین- بدترین و رویکرد ترکیبی تحلیل رابطه خاکستری- ویکور تحت محیط فازی در جهت رفع این ایراد گام برداشته شود؛ بنابراین ریسک‌های شناسایی شده را براساس شش معیار شدت، احتمال وقوع، تشخیص، زمان، هزینه و کیفیت ارزیابی می‌شوند.

۲-۲. تئوری منطق فازی

تئوری منطق فازی توسط زاده در سال ۱۹۶۵ جهت نگاشت عبارات کلامی به عبارات عددی در تصمیمات انسانی پیشنهاد گردید. یک مجموعه فازی که توسط یک تابع عضویت برجسته می‌شود، هر معیار امتیاز عضویت را در بین [0,1] تعیین می‌کند که منعکس‌کننده درجات معیارهای مجموعه است. علاوه بر این، عبارات کلامی از قبیل "خوب"، "عادلانه" و "بد" برای تعریف فواصل عددی مطرح می‌شوند. در نظریه کلاسیک، ارزش بیان شده برای تابع عضویت با $\mu_A(x)$ به‌صورت زیر نشان داده می‌شود(وو و همکاران ، ۲۰۰۹):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \in A \\ 0, & \text{if } x \notin A \end{cases} \quad (۲)$$

عدد فازی $\tilde{A}$ از مجموعه فازی و با تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x)$ به‌صورت : $R \to [0,1] (0 \leqq \mu_{\tilde{A}}(x) \leqq 1. \ , \ x \in X)$ به‌طوری‌که x نشان‌دهنده معیار و به‌صورت مشخصه‌های زیر شرح داده می‌شود:

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

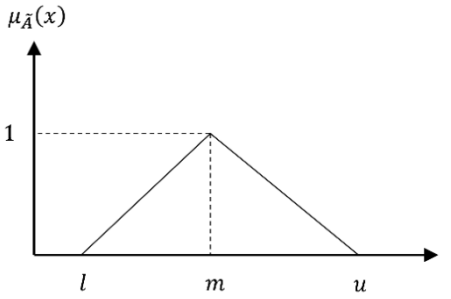
۱. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ به‌عنوان یک نگاشت پیوسته از R برای یک بازه بسته [0,1] است؛

۲. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ یک زیرمجموعه فازی محدب است؛

۳. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ یک زیرمجموعه فازی نرمال شده‌است؛ به معنای آنکه وجود داشته باشد. x_0 به‌طوری‌که $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$. بنابراین عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (l, m, u)$ می‌تواند به‌صورت معادله (۳) تعریف شود:.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & \text{if } l \le x \le m \\ (u-x)/(u-m), & \text{if } m \le x \le u \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (۳)$$

به‌طوری‌که l و m و u به ترتیب کمترین مقدار ممکن، محتمل‌ترین مقدار ممکن و حداکثر مقدار ممکن $\tilde{A}$ می‌باشند. عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (l, m, u)$ در فضای هندسی به‌صورت شکل(۲) نمایش داده می‌شود (وو و همکاران ، ۲۰۰۹):



شکل ۲. تابع عضویت عدد فازی مثلثی

اگر $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، در این صورت عملیات جبری بر روی اعداد فازی مثلثی $\tilde{A}_1$ و $\tilde{A}_2$ را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد(وو ، ۲۰۰۹):

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (۴)$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (۵)$$

$$\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1)/(l_2, m_2, u_2) = (l_1/l_2, m_1/m_2, u_1/u_2) \quad (۶)$$

$$\lambda\tilde{A}_1 = (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1), \lambda > 0 \quad (۷)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

اگر $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند در این صورت فاصله نقطه‌ای $\widetilde{A}_1$ و $\widetilde{A}_2$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود(یاو و وو ، ۲۰۰۰):

$$d(\widetilde{A}_1, \widetilde{A}_2) = \frac{1}{2}\int_0^1 [l_1 + (m_1 - l_1)\alpha + r_1 - (r_1 - m_1)\alpha - l_2 - (m_2 - l_2)\alpha - r_2 + (r_2 - m_2)\alpha]d\alpha \quad (۸)$$

۲-۳. روش بهترین-بدترین

روش بهترین- بدترین یکی از روش‌های قدرتمند در حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به منظور به دست آوردن اوزان گزینه‌ها و معیارها مورد استفاده قرار می‌گیرد (رضایی،۲۰۱۵؛ رضایی ،۲۰۱۶). این روش ضعف‌های روش‌های مبتنی بر مقایسات زوجی از قبیل عدم سازگاری را جبران می‌کند. علاوه بر این نیز تعداد مقایسات زوجی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تنها با انجام مقایسات مرجعی کاهش می‌دهد. در سال‌های اخیر این روش توسط محققان بسیاری جهت تعیین اوزان و رتبه‌بندی گزینه‌ها در حوزه‌های مختلف به کار گرفته شده‌است. به طورکلی گام‌های اصلی روش بهترین- بدترین شامل مراحل زیر است:

گام ۱. ایجاد سیستم معیار تصمیم: سیستم معیار تصمیم شامل مجموعه معیارهای شناسایی شده از طریق مرور ابیات و نظرات خبرگان است و به‌صورت $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر معیارهای تصمیم می‌تواند بازتاب‌کننده عملکرد گزینه‌های مختلف باشد.

گام ۲. تعیین بهترین و بدترین از بین معیارهای اصلی و همچنین زیرمعیارها: براساس سیستم معیار تصمیم، بهترین و بدترین معیار بایستی توسط تصمیم‌گیرندگان شناسایی شوند. بهترین معیار با نماد c_B و بدترین معیار نیز با نماد w_B نشان داده می‌شوند.

گام ۳. انجام مقایسات مرجعی برای بهترین معیار: در این گام به تعیین اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها با به‌کارگیری اعداد بین ۱ تا ۹ براساس مقیاس کلامی ارائه شده در جدول(۲) پرداخته می‌شود. نتایج این بردار به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}) \quad (۱۰)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

به‌طوری‌که a_{Bj} اولویت مربوط به بهترین معیار انتخاب‌شده‌ی B نسبت به هر معیار j را نشان می‌دهد. واضح است که $a_{BB} = 1$.

گام ۴. انجام مقایسات مرجعی برای بدترین معیار: به‌طور مشابه با به‌کارگیری اعداد بین ۱ تا ۹، اولویت تمام معیارها نسبت به بدترین معیار انتخاب شده محاسبه می‌شود. نتایج این بردار به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$A_w = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T \quad (۱۱)$$

به‌طوری‌که a_{jW} اولویت هر معیار j را نسبت به بدترین معیار انتخاب‌شده‌ی W را نشان می‌دهد. واضح است که $a_{WW} = 1$.

گام ۵. تعیین اوزان بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$: در این گام به‌منظور دستیابی به اوزان بهینه معیارها بایستی بیشترین اختلاف مطلق $\{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jW}w_W|\}$ برای تمام jها کمینه شود؛ که به‌صورت مسئله بهینه‌سازی زیر فرمول‌بندی شده‌است.

$$\begin{aligned} &\min \max_j \{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j \\ &\qquad - a_{jW}w_W|\} \\ &\text{S. t.} \\ &\sum_j w_j = 1 \\ &w_j \geq 0, \text{for all j} \end{aligned} \quad (۱۲)$$

مسئله (۱۲) قابل‌تبدیل شدن به مدل زیر را دارد:

$$\begin{aligned} &\min \xi^L \\ &\text{S. t.} \\ &|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi^L, \text{for all j} \\ &|w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi^L, \text{for all j} \\ &\sum_j w_j = 1 \\ &w_j \geq 0, \text{for all j} \end{aligned} \quad (۱۳)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

مدل (۱۳) خطی و دارای جواب منحصر به فرد است. ازاین‌رو با حل این مدل اوزان بهینه $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ و مقدار بهینه ξ^{L*} نتیجه می‌شوند. برای مدل فوق مقادیر نزدیک به صفر ξ^{L*} نشان‌دهنده سطح بالای سازگاری است [۲۱].

۲-٤. روش ترکیبی پیشنهادی

در این بخش، یک تکنیک جدید فازی تصمیم‌گیری چند معیاره جهت برخورد با فرآیندهای پیچیده تصمیم‌گیری در شرایط وجود ابهام و عدم قطعیت در اطلاعات ارائه می‌شود. این رویکرد براساس مفاهیم ترکیب تکنیک‌های ویکور و تحلیل رابطه خاکستری جهت حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی است. مراحل کلی این روش عبارت است از:

گام ۱. به دست آوردن ماتریس زوجی هر گزینه نسبت به معیارها: فرض می‌شود که یک مسئله تصمیم‌گیری شامل m گزینه بالقوه و n معیار باشد. در این صورت درجه گزینه‌ها نسبت به هر معیار با استفاده از مقیاس کلامی ارائه شده در جدول (۲) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k}\left[\tilde{x}_{ij}^{1} + \tilde{x}_{ij}^{2} + \cdots + \tilde{x}_{ij}^{k}\right] = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{K} \tilde{x}_{ij}^{k} \qquad (۱۴)$$

به‌طوری‌که $\tilde{x}_{ij}^{k}$ درجه فازی تخصیص‌یافته توسط k تصمیم‌گیرنده است. در این صورت یک مسئله MCDM برای تصمیم‌گیری گروهی در یک محیط فازی به‌صورت زیر ملاحظه می‌شود.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} = \left[\tilde{x}_{ij}\right]_{m\times n} \qquad (۱۵)$$

به‌طوری‌که $\forall i, j$ ،$\tilde{x}_{ij}$ درجه فازی گزینه بالقوه $A_i, i = 1.2 \dots . m$ نسبت به معیار $C_j, j = 1,2 \dots , , n$ است. به منظور تضمین سازگاری بین معیارهای ارزیابی، ماتریس تصمیم‌گیری فازی اولیه بایستی به یک مقیاس قابل مقایسه تبدیل شود. ازاین‌رو ماتریس تصمیم فازی نرمال به‌صورت $\tilde{R}$ نشان داده می‌شود(چن ،۲۰۰۰):

$$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{m\times n}$$
$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+}\right), \qquad j \in B \qquad (۱۶)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}}\right), \qquad j \in C$$
$$u_j^+ = \max_i u_{ij} \quad \text{if } j \in B$$
$$l_j^- = \min_i l_{ij} \quad \text{if } j \in C$$

به‌طوری‌که B مجموعه معیارهای سود و C مجموعه معیارهای هزینه است.

گام ۲. محاسبه سری مرجعی راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی: پس از محاسبه مقادیر نرمال شده معیارهای مختلف، دو سری مرجعی راه‌حل ایده‌آل مثبت A^+ و راه‌حل ایده‌آل منفی A^- به‌صورت زیر تعریف می‌شود. به‌طوری‌که $\tilde{r}_{0j}^+ = \max_i(\tilde{r}_{ij})$، $\tilde{r}_{0j}^- = \min_i(\tilde{r}_{ij})$ و $j = 1.2 \dots . n$.

$$A^+ = [\tilde{r}_{01}^+, \tilde{r}_{02}^+, \dots, \tilde{r}_{0n}^+] \qquad (۱۷)$$

$$A^- = [\tilde{r}_{01}^-, \tilde{r}_{02}^-, \dots, \tilde{r}_{0n}^-] \qquad (۱۸)$$

گام ۳. محاسبه ضریب رابطه خاکستری فازی موزون: راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی به‌عنوان سری‌های ارجاعی و هر یک از گزینه‌ها به‌عنوان سری‌های مقایسه‌ای هستند. ضریب رابطه خاکستری فازی موزون هر گزینه نسبت به راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی براساس معادلات (۱۹) و (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$\gamma\left(\tilde{r}_{0j}^+, \tilde{r}_{ij}\right) = \frac{\min_i \min_j \tilde{d}_{ij}^{w+} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w+}}{\tilde{d}_{ij}^{w+} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w+}} = \frac{\min_i \min_j d\left(w\tilde{r}_{0j}^+, w\tilde{r}_{ij}\right) + \xi \max_i \max_j d\left(w\tilde{r}_{0j}^+, w\tilde{r}_{ij}\right)}{d\left(w\tilde{r}_{0j}^+, w\tilde{r}_{ij}\right) + \xi \max_i \max_j d\left(w\tilde{r}_{0j}^+, w\tilde{r}_{ij}\right)} \qquad (۱۹)$$

$$\gamma\left(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij}\right) = \frac{\min_i \min_j \tilde{d}_{ij}^{w-} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w-}}{\tilde{d}_{ij}^{w-} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w-}} = \frac{\min_i \min_j d\left(w\tilde{r}_{ij}, w\tilde{r}_{0j}^-\right) + \xi \max_i \max_j d\left(w\tilde{r}_{ij}, w\tilde{r}_{0j}^-\right)}{d\left(w\tilde{r}_{ij}, w\tilde{r}_{0j}^-\right) + \xi \max_i \max_j d\left(w\tilde{r}_{ij}, w\tilde{r}_{0j}^-\right)} \qquad (۲۰)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

به‌طوری‌که $\xi \in [0,1]$ ضریب برطرف‌سازی و w_j نیز نشان‌دهنده اوزان معیارهای به‌دست‌آمده از طریق تجزیه وتحلیل BWM است.

گام ۴. محاسبه مقادیر S_i و R_i: مقادیر S_i و R_i برای $i = 1,2, \dots, m$ براساس معادلات زیر محاسبه می‌شوند.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \gamma\left(\tilde{r}_{0j}^{+}, \tilde{r}_{ij}\right) \quad (۲۱)$$

$$R_i = \max_j \gamma\left(\tilde{r}_{0j}^{-}, \tilde{r}_{ij}\right) \quad (۲۲)$$

به‌طوری‌که S_i نشان‌دهنده فاصله گزینه iام از راه‌حل ایده‌آل مثبت و R_i بیانگر فاصله گزینه iام از راه‌حل ایده‌آل منفی است.

گام ۵. محاسبه مقدار Q_i: مقدار Q_i برای $i = 1,2, \dots, m$ براساس معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_i = v\left(\frac{S^+ - S_i}{S^+ - S^-}\right) + (1-v)\left(\frac{R_i - R^+}{R^- - R^+}\right) \quad (۲۳)$$

به‌طوری‌که $S^+ = \max_i S_i$، $S^- = \min_i S_i$، $R^+ = \min_i R_i$، $R^- = \max_i R_i$ و پارامتر v نیز به‌عنوان وزنی برای استراتژی حداکثر مطلوبیت گروهی معرفی می‌شود، درحالی‌که $(1-v)$ وزن تأسف فردی است.

گام ۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس مقادیر Q_i: بر این اساس گزینه‌ها با توجه به مقادیر Q_i رتبه‌بندی می‌شوند و گزینه‌ای که کمترین مقدار در Q_i را داشته باشد، در رتبه نخست قرار می‌گیرد. گزینه‌ها براساس کمینه مقادیر به‌دست‌آمده Q_i رتبه‌بندی می‌شوند به‌طوری‌که دو شرط زیر هم‌زمان برقرار گردد:

- شرط اول (ویژگی پذیرش): گزینه A^1 انتخاب می‌شود اگر $Q(A^2) - Q(A^1) \geq 1/m - 1$ به‌طوری‌که A^2 گزینه ایست که در رتبه دوم قرار گرفته و m نیز برابر با تعداد کل گزینه‌ها است.
- شرط دوم (ثبات پذیرش در تصمیم‌گیری): گزینه A^1 همچنین بایستی رتبه اول را براساس مقادیر S_i و/یا R_i به دست آورد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۳. مدل ریاضی پژوهش

فرض می‌شود در سازمانی جهت به‌کارگیری مدیریت ریسک، مجموعه‌ای از استراتژی‌های پاسخ‌دهی به ریسک‌های بحرانی وجود داشته باشد. در حالت کلی استقرار هر یک از راهکارها دارای هزینه‌ای برای سازمان است؛ بنابراین به دلیل محدودیت بودجه امکان پیاده‌سازی تنها بخشی از آنها مقدور است. از طرفی نیز زمان پاسخ‌گویی به هر یک از ریسک‌ها به دلیل بحرانی بودن ماهیت آنها نیز متفاوت است. کاهش هزینه، زمان پاسخگویی و همچنین بیشینه‌سازی کیفیت جز اهداف اصلی مسئله هستند. مفروضات به کار گرفته شده در این مدل به شرح زیر عبارت است:

- تعداد ریسک‌های بحرانی شناسایی شده سازمان مشخص و محدود است.
- تعداد استراتژی‌های پاسخ‌دهی به ریسک مشخص و محدود است.
- هزینه پیاده‌سازی هر یک از استراتژی‌ها به هر یک از ریسک‌ها متفاوت و در دسترس است.
- زمان پاسخ‌گویی به هر یک از ریسک‌ها متفاوت و در دسترس است.
- سطح کیفی هر یک از استراتژی‌ها به هر یک از ریسک‌ها متفاوت و در دسترس است.
- بررسی مدیریت کیفی و کمی ریسک تنها برای یک پروژه در دسترس است.

مجموعه‌ها:

i	مجموعه ریسک‌های بحرانی	$i = \{1,2,\dots,m\}$
j	مجموعه استراتژی‌های پاسخ‌دهی	$j = \{1,2,\dots,n\}$

پارامترها:

C_{ij}	هزینه پیاده‌سازی استراتژی jام برای ریسک بحرانی iام
T_{ij}	زمان پاسخ‌گویی استراتژی jام برای ریسک بحرانی iام
Q_{ij}	سطح کیفی استراتژی jام برای ریسک بحرانی iام
BD	میزان بودجه در دسترس
TN	مدت‌زمان در دسترس

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

TP_i حداکثر تعداد استراتژی‌های مجاز جهت تخصیص به هر ریسک

متغیر تصمیم:

x_{ij} برابر ۱ است اگر استراتژی jام به ریسک بحرانی iام تخصیص یابد و در غیراین صورت برابر ۰ است.

مدل ریاضی پژوهش بشرح ذیل است:

$$\mathrm{MinZ}_1 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_{ij} \quad (۲۴)$$

$$\mathrm{MinZ}_2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{ij}x_{ij} \quad (۲۵)$$

$$\mathrm{MaxZ}_3 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} Q_{ij}x_{ij} \quad (۲۶)$$

$$\mathrm{s.t}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_{ij} \le \mathrm{BD} \quad (۲۷)$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{ij}x_{ij} \le \mathrm{TN} \quad (۲۸)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le TP_i \qquad \forall i \quad (۲۹)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \ge 1 \qquad \forall i \quad (۳۰)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j \quad (۳۱)$$

مدل ارائه شده دارای سه تابع هدف است که در ادامه به توضیح آنها پرداخته می‌شود. تابع هدف اول (۲۴) به کمینه‌سازی هزینه پیاده‌سازی استراتژی‌های پاسخ‌دهی به ریسک‌ها می‌پردازد. تابع هدف دوم (۲۵) سعی بر کمینه‌سازی میزان زمان پاسخ‌گویی استراتژی‌ها به ریسک‌ها را دارد. تابع هدف سوم (۲۶) سعی بر بیشینه‌سازی سطح کیفیت استراتژی‌ها برای ریسک‌ها را دارد. مدل همچنین دارای چهار محدودیت است. عبارت (۲۷) محدودیت مربوط به بودجه و عبارت(۲۸) محدودیت مربوط به زمان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

در دسترس را در نظر می‌گیرد. عبارت (۲۹) تضمین می‌کند که تعداد استراتژی‌های تخصیص‌یافته به هر ریسک از حد مجاز تجاوز نکند. محدودیت(۳۰) تضمین می‌کند که به هر ریسک حداقل یک استراتژی تخصیص یابد.در نهایت محدودیت (۳۱) نیز نوع متغیرهای استفاده شده در مسئله را تعیین می‌کند. با توجه به آنکه مدل پیشنهادی چندهدفه است، جهت حل آن از رویکرد اپسیلون محدودیت تکامل یافته استفاده شده‌است.

٤. تجزیه و تحلیل مورد مطالعاتی و کاربرد روش پیشنهادی

این بخش، مورد مطالعاتی و همچنین روش پیشنهادی را مورد ملاحظه قرار می‌دهد. شرکت نفت و گاز پارس به‌عنوان یکی از شرکت‌های فرعی شرکت ملی نفت ایران در اول دی‌ماه ۱۳۷۷ تاسیس گردیده است. این شرکت مسئولیت توسعه کلیه فازهای میدان گازی پارس جنوبی و توسعه میدان‌های گازی پارس شمالی، گلشن و فردوسی را دارا است. جهت ارزیابی ریسک‌های بحرانی ۱۹ عامل بالقوه مطابق با جدول (۱) جهت مطالعه مورداستفاده قرار می‌گیرند. به‌منظور دستیابی به نتایج معتبر از یک روش اجماعی بهره گرفته شده‌است؛ به‌طوری‌که برای جمع‌آوری اطلاعات کمیته‌ای از خبرگان و کارشناسان برای شرکت در جلسات دعوت به عمل آمد و از آنها خواسته شد که عملکرد گزینه‌ها را نسبت به معیارهای ارائه شده با استفاده از مقیاس‌های ذکر شده در جدول (۲) مورد ارزیابی قرار دهند. اعضای این کمیته شامل کارشناسان باتجربه در حوزه مدیریت ریسک است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول۲. مقیاس کلامی برای مقایسه زوجی BWM و روش ترکیبی GRA-VIKOR

مقیاس برای BWM								
اهمیت یکسان	اهمیت خیلی ضعیف	اهمیت ضعیف	اهمیت ترجیحاً	اهمیت خوب	اهمیت نسبتاً خوب	اهمیت خیلی خوب	اهمیت مطلق	اهمیت کامل
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

مقیاس برای روش ترکیبی GRA-VIKOR	
عبارات کلامی	درجه اهمیت
بسیار ضعیف	(0,0,1)
ضعیف	(0,1,3)
نسبتاً ضعیف	(1,3,5)
متوسط	(3,5,7)
نسبتاً خوب	(5,7,9)
خوب	(7,9,10)
بسیار خوب	(9,10,10)

مأخذ: نتایج تحقیق

٤-١. محاسبه اوزان معیارها با استفاده از BWM

در ابتدا با توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه روش بهترین- بدترین، مهم‌ترین (بهترین) و کم‌اهمیت‌ترین (بدترین) معیار (شاخص) تعیین می‌شوند. جهت پاسخگویی و ارزش‌گذاری معیارها از نظرات یک کمیته خبره در زمینه‌ی پروژه‌های نفت و گاز بهره برده شده‌است. بهترین معیار شناسایی شده توسط هر پاسخ‌دهنده مهم‌ترین معیار مؤثر بر ارزیابی ریسک‌های موردنظر و بدترین معیار شناسایی شده توسط هر پاسخ‌دهنده کم‌اهمیت‌ترین آن براساس نظرات هر خبره است. بهترین و بدترین معیار اشاره شده توسط خبرگان در جدول (۳) قابل‌مشاهده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۳. بهترین و بدترین معیار شناسایی‌شده توسط خبرگان

معیار (شاخص)	شناسایی‌شده به‌عنوان "مهم‌ترین معیار"	شناسایی‌شده به‌عنوان "کم‌اهمیت‌ترین معیار"
شدت	۱و۵و۸	-
احتمال وقوع	۳و۷	۶و۱۰
تشخیص	۹	۱و۴و۵
زمان	۲و۱۰	۸
هزینه	۴و۶	-
کیفیت	-	۲و۳و۷و۹

مأخذ: نتایج تحقیق

در ادامه به تعیین اولویت‌های بهترین معیار از میان تمام معیارها پرداخته می‌شود. این اطلاعات نیز از طریق توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه روش بهترین- بدترین نتیجه شده، به‌طوری‌که از پاسخ‌دهندگان (خبرگان) خواسته می‌شود، اولویت بهترین معیار را نسبت به سایر معیارها مشخص کنند. لازم به ذکر است در مواردی که از نظر فرد خبره بیش از یک معیار به‌عنوان بهترین انتخاب شود، انتخاب بهترین معیار به‌صورت کاملاً اختیاری بوده است.

به طریق مشابه به تعیین اولویت‌های سایر معیارها نسبت به بدترین معیار پرداخته می‌شود؛ به‌طوری‌که از پاسخ‌دهندگان (خبرگان) خواسته می‌شود، اولویت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار را مشخص کنند. درنهایت روش بهترین- بدترین به‌منظور تعیین نتایج ضریب سازگاری مقایسات زوجی و همچنین اوزان شاخص‌های مؤثر در ارزیابی ریسک‌های بالقوه پروژه‌های صنعت نفت و گاز به کار گرفته می‌شود. اوزان شاخص‌های مربوطه از طریق حل مدل (۱۳) برای ۱۰ پاسخ‌دهنده (خبرگان) با به‌کارگیری نرم‌افزار GAMS نسخه ۲۴.۳ و حل‌کننده‌ی BARON نتیجه می‌گردد.

ξ^{L^*} نشان‌دهنده سازگاری برای مقایسات است، نتایج نشان می‌دهد مقایسات، سازگاری بسیار بالایی دارند چراکه مقدار آن برابر با ۰.۰۴۹ بوده و این مقدار نزدیک به صفر است.تعیین ریسک‌های بحرانی در مراحل قبل به تعیین اوزان شاخص‌های ارزیابی ریسک‌های بالقوه پروژه‌های صنعت نفت و گاز پرداخته‌است؛ همان‌طور که پیش‌تر بیان شد ضعف‌های مدل

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

FMEA سنتی که عدد RPN را به دست می‌آورد، موجب شد که در این پژوهش مدل FMEA را توسعه داده و با مدل GRA-VIKOR تحت محیط فازی ترکیب شود. به این صورت که شاخص‌های احتمال، شدت و تشخیص را برای ریسک‌های شناسایی شده مورد ارزیابی قرارگرفته، اما دیگر این اعداد در یکدیگر ضرب نمی‌شوند تا مشخصه RPN به دست آید؛ بلکه این اعداد را به همراه اعداد ارزیابی سه شاخص دیگر یعنی زمان، هزینه و کیفیت به‌عنوان ورودی مدل GRA-VIKOR تحت محیط فازی اعمال نموده و پس از تجزیه و تحلیل‌های مربوطه ریسک‌های بالقوه اولویت‌بندی و در نهایت ریسک‌های بحرانی جهت تخصیص استراتژی‌های پاسخ‌دهی به آنها تعیین می‌شود.

در ادامه با بهره‌گیری از گام‌های روش تصمیم‌گیری پیشنهادی اولویت‌بندی نهایی ریسک‌های شرکت نفت و گاز پارس مطابق نتیجه می‌گردد. به منظور انتخاب ریسک‌های بحرانی در پروژه‌های صنعت نفت و گاز، نتایج در اختیار یک کمیته متخصص قرار گرفت. آنها پس از بررسی اولویت‌بندی ریسک‌ها و تأیید ضمنی نتایج به‌دست‌آمده، مواردی را که مشخصه‌ی Q آنها کمتر از ۰/۵ بود را به‌عنوان ریسک‌های بحرانی جهت تخصیص استراتژی پاسخ‌دهی به آن‌ها انتخاب کردند. لازم به ذکر است در این پژوهش پارامترهای ξ و v برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده‌است.

جدول ۴. ریسک‌های بحرانی مرتبط با پروژه‌های صنعت نفت و گاز

ردیف	ریسک بحرانی شناسایی‌شده	Q	رتبه	کد
۱	خطر برق‌گرفتگی	۰/۰۰۰	۱	R_{14}
۲	خطر نشتی هنگام راه‌اندازی	۰/۰۸۸	۲	R_9
۳	گیر افتادن لباس و اعضاء بدن فرد تعمیرکار بین تجهیزات دوار و ثابت	۰/۱۰۰	۳	R_{13}
۴	شکستگی بست داربست در حین عملیات داربست‌بندی	۰/۱۸۲	۴	R_{11}
۵	سقوط ناگهانی جرثقیل و بار روی فرد هنگام تست‌ها	۰/۲۳۰	۵	R_{12}
۶	سوختگی با قیر مذاب هنگام عایق‌کاری	۰/۲۳۷	۶	R_{19}
۷	ارتعاش	۰/۳۴۱	۷	R_3
۸	سقوط تراک میکسر یا نفرات به داخل حوضچه ترسیب	۰/۳۴۷	۸	R_7
۹	عوارض تنفسی ناشی از رنگ‌آمیزی در محیط بسته	۰/۳۹۳	۹	R_{17}
۱۰	توسعه و انتقال حریق از پیمانکاران هم‌جوار به محدوده کارگاه	۰/۴۱۰	۱۰	R_{15}

مأخذ: نتایج تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

٤-۲. استراتژی پاسخ به ریسک

پس از شناسایی ریسک‌های بحرانی در پروژه‌های صنعت نفت و گاز نوبت به پاسخ‌دهی به ریسک‌ها می‌رسد. بدین منظور در این پژوهش از روش برنامه‌ریزی روش اپسیلون-محدودیت تکامل یافته استفاده شده‌است. راهکارهای مختلف پاسخ به ریسک‌های بحرانی شناسایی شده با مطالعه پیشینه تحقیق و مصاحبه با خبرگان پژوهش شناسایی شده و برای انتخاب بهترین راهکار مدل‌سازی ریاضی انجام شده‌است. راهکارهای مربوط به استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌های بحرانی شناسایی‌شده به تفکیک در جدول (۵) ارائه شده‌اند:

جدول۵. استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌های بحرانی مرتبط با پروژه‌های صنعت نفت و گاز

ریسک	استراتژی‌های پاسخ	کد
R_{14}	نظارت بر ایمن کار کردن کارکنان	x_1
	آموزش خطرات ناشی از کار به کارکنان درگیر	x_2
	نصب تابلوهای هشداردهنده و اطلاع‌رسان در موقعیت اجرای کار	x_3
	رعایت روش اجرایی	x_4
	رعایت کلیه دستورالعمل‌های ایمنی	x_5
	آمادگی تیم شرایط اضطراری	x_6
	رعایت کنترل‌های قبل و حین راه‌اندازی مطابق چک‌لیست‌ها	x_7
	آموزش اپراتورها در خصوص آشنایی با تغییرات انجام‌گرفته	x_8
R_9	بستن بلت‌ها طبق استاندارد	y_1
	استفاده از Gasket استاندارد و سالم	y_2
	انجام تست‌های نشتی اتصالات	y_3
	محصور نمودن محل انجام عملیات با نصب نوار خطر و طناب	y_4
	تخلیه افراد از موقعیت انجام اجرای کار	y_5
	استفاده از PPE مناسب با نوع کار اجرائی	y_6
R_{13}	استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات با کیفیت مناسب	z_1
	ایجاد سیستم PM	z_2
	کسب مجوز تعمیرات قبل از شروع فعالیت اجرایی	z_3
	بدون برق کردن سیستم‌های الکتریکال قبل از شروع عملیات تعمیرات	z_4
	استفاده از حفاظ روی قسمت‌های دوار	z_5
R_{11}	رعایت آیین‌نامه ملی ساختمان	m_1
	رعایت دستورالعمل ایمنی کار در ارتفاع	m_2
	استفاده از مصالح سالم و بدون نقص فنی برای داربست‌بندی	m_3
	بازرسی از اتصالات مورداستفاده قبل از اجرای داربست‌بندی	m_4
	اجرای کمربند ایمنی جلیقه‌ای	m_5

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

ریسک	استراتژی‌های پاسخ	کد
R_{12}	آموزش و بازآموزی مجدد کارکنان اسکافلدبند	n_1
	نظارت و بازرسی مستمر افراد مسئول HSE از جبهه‌های کاری	n_2
	اضافه کردن ابزارآلات تخصصی کار در ارتفاع شامل: لایف لاین، پاراشوتینگ و تور نجات و غیره	n_3
R_{19}	استفاده از پوشش‌های عایقی آماده مانند ایزوگام	o_1
	استفاده از ظروف و ابزار مناسب برای انتقال قیر مذاب	o_2
	استقرار ظروف و بشکه حاوی قیر در محل مطمئن و در حالت پایدار	o_3
R_3	کنترل ارتعاش در موقع طراحی و ساخت دستگاه	p_1
	کنترل ارتعاش به روش‌های فنی در منبع تولید: نظیر استفاده از ایزولاتورهای دینامیکی، فلزی، مارپیچی و غیره	p_2
	نصب میراکننده در محل‌های تماس با بدن روی دستگاه	p_3
	اقدامات مدیریتی نظیر کاهش مواجهه، گردشی نمودن کار، تغییر شغل و غیره	p_4
	استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب نظیر: کفش، دستکش، زیرپائی ضد ارتعاش	p_5
R_7	تأمین روشنایی مناسب محل در شب	q_1
	تخلیه دوره‌ای رسوبات با توجه به ظرفیت و حجم رسوبات حوضچه	q_2
	محصور نمودن اطراف حوضچه با استفاده از حفاظ مستحکم	q_3
	ایجاد دایک خاکی یا دیواره بتنی در اطراف حوضچه برای پیشگیری از سقوط تراک میکسر	q_4
R_{17}	برقراری تهویه مناسب در محل	r_1
	استفاده از ماسک تنفسی مناسب	r_2
	آموزش MSDS مواد مصرفی به افراد	r_3
R_{15}	شناسایی نوع و مراکز خطر و آسیب‌رسان خارج از حوزه فعالیت بر نفرات و تجهیزات	s_1
	تشکیل تیم شرایط اضطراری	s_2
	انجام مانور برای ایجاد آمادگی برای وضعیت اضطراری	s_3
	آموزش خطرات ناشی از مراکز خارج از حوزه فعالیت به افراد درگیر در سایت	s_4
	تهیه و نصب تجهیزات اطفاء حریق برای مقابله با حریق‌های احتمالی	s_5
	آموزش اطفاء حریق به کارکنان درگیر در سایت	s_6

مأخذ: نتایج تحقیق

٤-٣. تخصیص استراتژی پاسخ به ریسک

پس از شناسایی استراتژی‌های پاسخ به ریسک، هر کدام از این راهکارها ارزیابی شده تا برای هر ریسک استراتژی‌های مناسب پاسخ انتخاب شود. به همین منظور از طریق حل یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه صفر و یک مجموعه استراتژی‌های پاسخ‌دهی به هر ریسک بحرانی در سازمان مورد مطالعه تخصیص داده می‌شوند.پارامترهای ورودی مسئله مورد بررسی در جداول زیر قابل‌مشاهده است. لازم به ذکر است، تجزیه و تحلیل نتایج تنها برای یک پروژه با هزینه مشخص و در بازه زمانی تعیین شده در قرارداد پروژه صورت گرفته است. علاوه بر این نیز

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

با توجه به در دسترس نبودن کلیه اطلاعات ورودی، برخی از اعداد به‌صورت تصادفی و از توزیع یکنواخت تولید شده‌اند، ارقام به‌صورت میلیون-ریال است. حداکثر تعداد استراتژی مجاز جهت تخصیص به هر ریسک مطابق با جدول (۶) ارائه شده‌است. علاوه بر این نیز میزان بودجه در دسترس سازمان برابر با ۸۰۰ میلیون ریال و همچنین کل زمان در دسترس جهت پاسخ‌گویی به ریسک‌های بحرانی شناسایی شده برابر با ۱۰۰ روز کاری است.

جدول ۶. حداکثر تعداد استراتژی مجاز جهت تخصیص به هر ریسک

ریسک	R_{14}	R_9	R_{13}	R_{11}	R_{12}	R_{19}	R_3	R_7	R_{17}	R_{15}
حداکثر استراتژی جهت تخصیص	۵	۴	۳	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۵

مأخذ: نتایج تحقیق

٤-٤. نتایج به‌دست‌آمده از حل مدل

به منظور حل مدل از روش اپسیلون محدودیت تکامل یافته و به‌کارگیری نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS و حل‌کننده BARON استفاده شده‌است. زمان اجرای حل مدل نیز ۶۶/۹۶ثانیه به طول کشید. پس از ارائه نتایج به خبرگان شرکت نفت و گاز پارس و با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده برای توابع هدف، از نظر مدیریت بهترین نقطه، نقطه شماره ۱۲ است. در این نقطه $Z_1 = 108$، $Z_2 = 36$ و $Z_2 = 5.57$ است. علاوه بر این نیز در جدول (۷) چگونگی تخصیص استراتژی‌ها به هر ریسک بحرانی شرکت نفت و گاز گزارش شده‌است.

در جدول(۷)، ریسک‌های مربوط به هر استراتژی نشان داده شده‌است، به گونه‌ایی که مقادیر Rها کدهای مربوط به خطرات بالقوه شناسایی شده مرتبط با هر یک از ریسک‌ها می‌باشد.(جدول۱).سایر کدهای نوشته شده x,y,z,m,n,o,p,q,r,sها نیز در جدول (۵) تشریح گردیده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول۷. چگونگی تخصیص استراتژی‌ها به هر ریسک

Risks	Strategy							
R_{14}	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7 ■	x_8
R_9	y_1 ■	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	-	-
R_{13}	z_1	z_2	z_3	z_4 ■	z_5	-	-	-
R_{11}	m_1	m_2	m_3 ■	m_4	m_5	-	-	-
R_{12}	n_1	n_2	n_3 ■	-	-	-	-	-

Risks	Strategy							
R_{19}	o_1	o_2	o_3 ■	-	-	-	-	-
R_3	p_1	p_2	p_3 ■	p_4	p_5	-	-	-
R_7	q_1	q_2	q_3	q_4 ■	-	-	-	-
R_{17}	r_1	r_2 ■	r_3	-	-	-	-	-
R_{15}	s_1	s_2 ■	s_3	s_4	s_5	s_6	-	-

مأخذ: نتایج تحقیق

۵. بحث و نتیجه‌گیری

مدیریت ریسک یکی از فازهای مدیریت پروژه است. از آنجایی‌که صنعت نفت در قالب پروژه‌های ساخت و ساز فعالیت می‌نماید، در این پژوهش از استاندارد مدیریت پروژه (PMBOK) به منظور انجام مدیریت ریسک استفاده گردید. جهت تدوین و اجرای سیستم مدیریت ریسک در پروژه‌های صنعت نفت و گاز، ۱۹ ریسک بالقوه شناسایی و در شش دسته کلی عوامل محیط کار و محیط‌زیست، بچینگ پلانت، پیش راه‌اندازی مکانیک، حوادث، ذینفعان، ساختمانی و تاسیسات قرار گرفتند. در مرحله بعد از طریق به‌کارگیری روش بهترن- بدترین شاخص‌های ارزیابی ریسک‌های مربوطه وزن‌دهی شدند. سپس با اعمال روش ترکیبی فازی تحلیل رابطه خاکستری-ویکور این ریسک‌ها اولویت‌بندی گردیدند. پس از آن به کمک پیشینه پژوهش و با مشورت خبرگان پژوهش، راهکارهای مناسب برای پاسخ به این ریسک‌ها شناسایی و از طریق ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه صفر و یک و بهره‌گرفتن از رویکرد حل محدودیت اپسیلون تکامل یافته، برای هر ریسک یک استراتژی به‌عنوان مناسب‌ترین راهکار انتخاب گردید.

نتایج تحقیق نشام می‌دهد که توجه به ریسک‌های شناسایی شده در صنعت نفت و گاز (حوزه انرژی فسیلی) و اولویت‌بندی آنها همواره می‌بایست مدنظر مدیران ارشد قرارگیرد. توجه بیش از پیش به ریسک‌ها می‌تواند از بروز خطرات بالقوه در این صنعت جلوگیری نموده و از

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

هدر رفت هزینه‌های سازمان‌ها پیشگیری نماید. بنابراین لزوم تروجه روزافزون به خطرات بالقوه و پیشگیری از بروز آنها جزو وظایف اصلی مدیران و سیاست اصلی محسوب می‌گردد که در ذیل به جزئیات کامل توضیح داده می‌شود.با توجه به محدودیت‌های موجود درزمینه‌ی برنامه‌ریزی هزینه، زمان و کیفیت پروژه‌ها که معمولاً شرکت‌ها با آن مواجه هستند، ریسک‌های پروژه‌های نفت و گاز شناسایی شده را به ترتیب اولویتی که در پژوهش حاضر حاصل گردید، به مدیران شرکت نفت و گاز ارائه نموده و پاسخ به هر ریسک نیز پیشنهاد می‌گردد تا مدیران براساس شرایط سازمانی خود از آنها استفاده نمایند.

- خطر برق‌گرفتگی. این ریسک طی فرآیند FMEA و رویکرد ترکیبی GRA-VIKOR تحت محیط فازی بالاترین رتبه را کسب نموده است. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر توصیه می‌گردد کنترل‌های قبل و حین راه‌اندازی تجهیزات را مطابق با چک‌لیست‌ها رعایت نمایند.
- خطر نشتی هنگام راه‌اندازی. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر توصیه می‌گردد بلت‌ها طبق استاندارد مورد بازبینی و بستن قرارگیرند.
- گیر افتادن لباس و اعضای بدن فرد تعمیرکار بین تجهیزات دوار و ثابت. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر توصیه می‌گردد که برق سیستم‌های الکتریکال بعد از انجام فعالیت قطع شوند تا قبل از شروع هرگونه عملیات از بدون برق بودن آن‌ها اطمینان حاصل شود.
- شکستگی بست داربست در حین عملیات داربست بندی. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر استفاده از مصالح سالم و بدون نقص فنی برای داربست بندی توصیه می‌گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

- سقوط ناگهانی جرثقیل و بار روی فرد هنگام تست‌های Load و Deflection. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر نظارت و بازرسی مستمر افراد مسئول HSE از جبهه‌های کاری توصیه می‌گردد.
- سوختگی با قیر مذاب هنگام عایق‌کاری. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر استفاده از ظروف و ابزار مناسب برای انتقال قیر مذاب توصیه می‌گردد.
- ارتعاش. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر کنترل ارتعاش به روش‌های فنی در منبع تولید: نظیر استفاده از ایزولاتورهای دینامیکی، فلزی، مارپیچی، عایق‌های صفحه‌ای، بالشتک‌های هوا توصیه می‌گردد.
- سقوط تراک میکسر یا نفرات به داخل حوضچه ترسیب. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر ایجاد دایک خاکی یا دیواره بتنی در اطراف حوضچه برای پیشگیری از سقوط تراک میکسر توصیه می‌گردد.
- عوارض تنفسی ناشی از رنگ‌آمیزی در محیط بسته. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر استفاده از ماسک تنفسی مناسب توصیه می‌گردد.
- توسعه و انتقال حریق از پیمانکاران همجوار به محدوده کارگاه. جهت کاهش اثرات مخرب این ریسک به مدیران شرکت موردنظر تشکیل تیم شرایط اضطراری برای پیشگیری از از توسعه و انتقال حریق توصیه می‌گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

منابع

Adeleke A., Bahaudin A.Y. ,Kamaruddeen A.M., Bamgbade J.A., Maruf, GbadeboSalimon Muhammad Waris AliKhan, Shahryar Sorooshian (2018),"The influence of organizational external factors on construction risk management among Nigerian construction companies. Safety and health at work, 9(1), pp. 115-124.

Ahmadi M., Koroush B., Arsashiri A. and Kapelan Z. (2017), "Comprehensiveriskmanagement using Fuzzy FMEA and MCDA Techniques in Highway Construction Projects", Journal of Civil Engineering and Management, 23(2), pp. 300-310.

Al Subaih A. (2015), "Integrated Project Delivery: A Paradigm Shift for Oil and Gas Projects in the UAE and the Middle East region",Oil and Gas Facilities, 4(04), pp.64-77.

Briel E., P. Luan and R. Westney (2013), "Built-In Bias Jeopardizes Project Success", Oil and Gas Facilities, 2(02), pp. 19-24.

Carvalho M.M.D. and R. Rabechini Junior (2015), "Impact of Risk Management on Project Performance: the Importance of Soft Skills", International Journal of Production Research, 53(2), pp.321-340.

Chen C. T. (2000), "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-making under Fuzzy Environment", Fuzzy sets and systems, 114(1). pp. 1-9.

Denney D. (2018), "Stage-Gate Project-Management Process in the Oil and Gas Industry", Journal of Petroleum Technology, 58(12), pp.68-71.

Ebrahimnejad S., S.M. Mousavi and H. Seyrafianpour (2010), "Risk Identification and Assessment for Build–operate–transfer Projects: A fuzzy Multi Attribute Decision Making model", Expert systems with Applications, 37(1), pp.575-586.

Fattahi R. and M. Khalilzadeh (2018), "Risk Evaluation using a Novel Hybrid Method based on FMEA, Extended MULTIMOORA and AHP Methods under fuzzy Environment", Safety science, No. 102, pp. 290-300.

Hwang B.G., Zhao X. and L.P. Toh (2014), "Risk Management in Small Construction Projects in Singapore: Status, barriers and Impact", International journal of project management, 32(1), pp.116-124.

Khodeir L.M. and A.H.M. Mohamed (2015), "Identifying the Latest Risk Probabilities Affecting Construction Projects in Egypt According to Political and Economic Variables", HBRC journal, 11(1). pp.129-135.

Koulinas G., Marhavilas P.K., Demesouka O.K., Vavatsikos A.K. and D.E. Koulouriotis (2019), "Risk Analysis and Assessment in the Worksites using the fuzzy-analytical hierarchy Process and a Quantitative Technique–A case Study for the Greek Construction Sector", Safety Science, 112, pp. 96-104.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Nieto-Morote A. and F. Ruz-Vila (2011), "A Fuzzy Approach to Construction Project Risk Assessment", International Journal of Project Management, 29(2), pp.220-231.

Raj M. and N.K. Wadsamudraka (2018), "Risk Management in Construction Project", International Journal of Engineering and Management Research (IJEMR), 8(3), pp.162-167.

Rafindadi A.D.U., Mikic Miljan Kovacic Iva Cekic Zoran (2014), "Global Erception of Sustainable Construction Project Risks", Procedia-Social and Behavioral Sciences, 119, pp.456-465.

Rahimi Y., Tavakkoli-Moghaddam reza, Iranmanseh SeyedHossein Vaez-Alaei Mallieh (2018), Hybrid Approach to Construction Project Risk Management with Simultaneous FMEA/ISO 31000/Evolutionary Algorithms: Empirical Optimization Study. Journal of Construction Engineering and Management, 144(6), pp. 401-430

Rezaei J. (2015), "Best-worst Multi-criteria Decision-making Method", Omega, No. 53, pp.49-57.

Rezaei J. (2016), "Best-worst Multi-criteria Decision-making Method: Some properties and a linear model", Omega, No. 64, pp. 126-130.

Wu H. Y., G.H. Tzeng, and Y.H. Chen (2009), "A Fuzzy MCDM Approach for Evaluating Banking Performance based on Balanced Scorecard", Expert Systems with Applications, 36(6), pp. 10135-10147.

Xu Y., Yeung John, Chan A.p., Wang Shou Ke.Yongjin (2010), "Developing a Risk Assessment Model for PPP Projects in China—A Fuzzy Synthetic Evaluation Approach". Automation in Construction, 19(7), pp. 929-943.

Yao J. S. Wu. K. (2000), "Ranking Fuzzy Numbers based on Decomposition Principle and Signed distance", Fuzzy sets and Systems, 116(2), pp. 275-288.

Zadeh Lotfi Ali (1965), Fuzzy sets, Inform. Control, No. 8, pp.338-353.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]