

## 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 رائی

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 پرداخته شد. بعد از آن به منظور 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 بهره‌برده شد. 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 نشستی 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 تجزیه و تحلیل اثرات آن، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه صفر و یک.

## 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 قابل توجه 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 قرار گیرد.

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<sup>۱</sup> 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 شده است. مدیریت ریسک پروژه به عنوان عامل مهمی در نیاز به ارزیابی دقیق برای تضمین حداقل سازی خطاهای پروژه شناسایی شده است (ال سوبایه<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵؛ کاروالو<sup>۳</sup> 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<sup>۴</sup>، ۲۰۱۸). اگرچه مطالعات بسیاری در زمینه‌ی مدیریت ریسک

1. Briel

2. Al Subaih

3. Carvalho

4. Denney

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 در زمینه‌ی 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 و تحلیل 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 تکامل یافته 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 پذیرفته است، هرچند راج<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) معتقدند که مطالعات اندکی در زمینه مدیریت ریسک پروژه انجام شده است. 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<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) یک رویکرد جدید به منظور توسعه یک مدل کاربردی ارزیابی ریسک قابل اعتماد براساس داده‌های به دست آمده از چین را ارائه دادند. نیتوموروت و رز ویلا<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) در پژوهششان

---

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

یک روش ارزیابی ریسک براساس نظریه مجموعه‌های فازی ارائه دادند؛ به طوری که 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<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت و ساز کوچک برحسب وضعیت، موانع و تأثیر مدیریت ریسک بر عملکرد پروژه پرداخته‌اند. رافیندادی<sup>۲</sup> 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<sup>۳</sup> 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 آن با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی تطبیق می‌شوند. رحیمی و همکاران (۲۰۱۸) روشی ترکیبی بر پایه حالات خطا و تجزیه و تحلیل 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<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی نقش تأثیر عوامل خارجی سازمانی بر مدیریت ریسک ساخت و ساز در شرکت‌های ساخت و ساز 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

MULTIMOORA محاسبه می‌شود. کولیناس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل ریسک در سایت‌های کار با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی در بخش ساخت و ساز 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 بر مبنای روش اعتباریابی لاوشه تنظیم شده است. سپس پرسشنامه مربوطه در اختیار یک کمیته متخصص در حوزه مدیریت ریسک قرار گرفت و از آنها خواسته شد 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 گرفته شده است در شکل (۱) نشان داده شده است. بدین صورت 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.

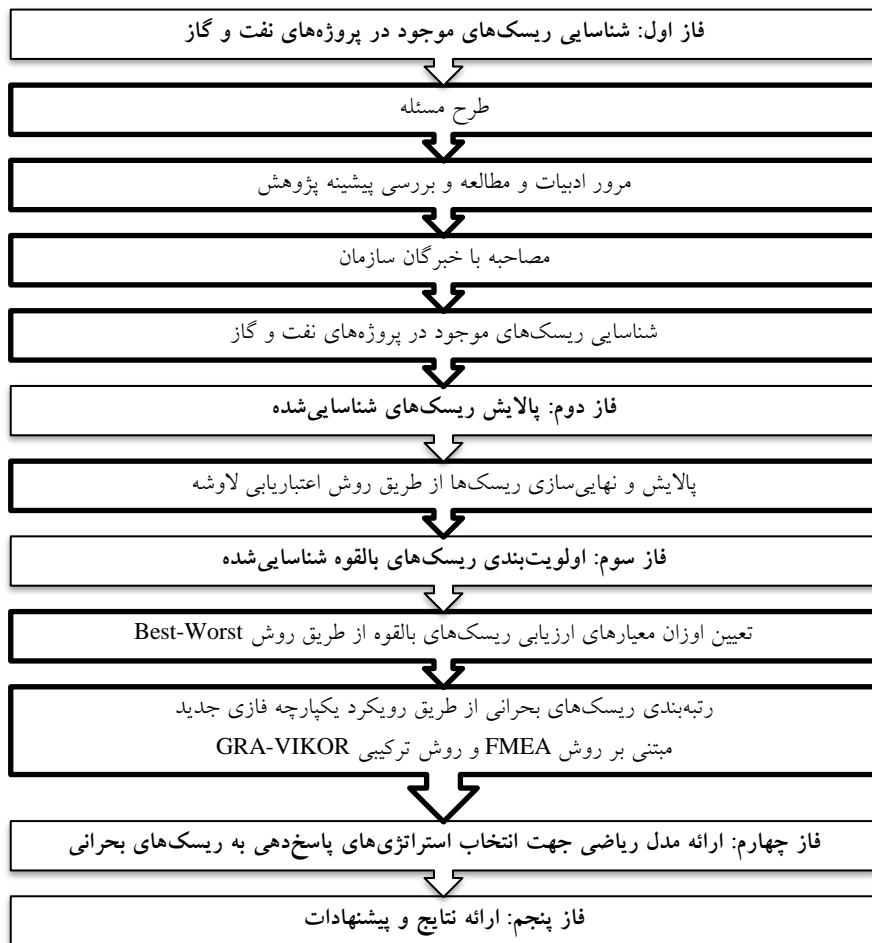
---

1. Koulinas

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

ردیف	نوع ریسک	خطرات بالقوه شناسایی شده	کد
۱	عوامل محیط کار و محیط زیست	انتشار گازهای مضر، سموم حاصل از جوشکاری	R <sub>1</sub>
۲		سروصدا	R <sub>2</sub>
۳		ارتعاش	R <sub>3</sub>
۴	بچینگ پلنت	بروز تصادفات جاده‌ای	R <sub>4</sub>
۵		سقوط سیلوی سیمان	R <sub>5</sub>
۶		خطر سقوط باکت مصالح در حین جابجایی توسط وینچ تا بالای میسکر	R <sub>6</sub>
۷	پیش راه‌اندازی مکانیک	سقوط تراک میکسر یا نفرات به داخل حوضچه ترسیب	R <sub>7</sub>
۸		سقوط افراد از روی داربست و زیر پای‌های نامناسب	R <sub>8</sub>
۹		خطر نشستی هنگام راه‌اندازی	R <sub>9</sub>
۱۰	حوادث	سقوط ناگهانی جرثقیل و بار روی فرد هنگام تست‌ها	R <sub>10</sub>
۱۱		شکستگی بست داربست در حین عملیات داربست‌بندی	R <sub>11</sub>
۱۲		سقوط از ارتفاع فرد به دلیل عدم مهار کردن قلاب کمر بند ایمنی Harness	R <sub>12</sub>
۱۳	ذینفعان	گیر افتادن لباس و اعضاء بدن فرد تعمیرکار بین تجهیزات دوار و ثابت	R <sub>13</sub>
۱۴		خطر برق‌گرفتگی	R <sub>14</sub>
۱۵	ساختمانی و تأسیسات	توسعه و انتقال حریق از بیمانکاران هم‌جوار به محدوده کارگاه	R <sub>15</sub>
۱۶		انتشار گاز H <sub>2</sub> S یا گازهای سمی و قابل اشتعال از تأسیسات و توسعه و تأثیر آن در فضای هم‌جوار پروژه	R <sub>16</sub>
۱۷	ساختمانی و تأسیسات	عوارض تنفسی ناشی از رنگ‌آمیزی در محیط بسته	R <sub>17</sub>
۱۸		سقوط نفر هنگام نصب پنجره در ارتفاع	R <sub>18</sub>
۱۹		سوختگی با قیر مذاب هنگام عایق‌کاری	R <sub>19</sub>

مأخذ: نتایج تحقیق



شکل ۱. چارچوب نظری پژوهش

## ۲-۱. روش حالات خطا و تجزیه و تحلیل 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

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

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

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"، "عادلانۀ" و "بد" برای تعریف فواصل عددی مطرح می‌شوند. در نظریه کلاسیک، ارزش بیان شده برای تابع عضویت با  $\mu_A(x)$  به صورت زیر نشان داده می‌شود (وو و همکاران، ۲۰۰۹):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \in A \\ 0, & \text{if } x \notin A \end{cases} \quad (2)$$

عدد فازی  $\tilde{A}$  از مجموعه فازی و با تابع عضویت  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  به صورت  $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$  :  $R \rightarrow [0,1]$  ،  $x \in X$  1. به طوری که  $x$  نشان‌دهنده معیار و به صورت مشخصه‌های زیر شرح داده می‌شود:

۱.  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  به عنوان 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 شده است؛ به معنای آنکه وجود داشته باشد  $x_0$ .

به طوری که  $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$ . بنابراین عدد فازی مثلثی  $\tilde{A} = (l, m, u)$  می‌تواند به صورت

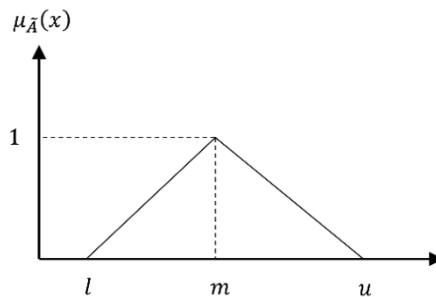
معادله (۳) تعریف شود.:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & \text{if } l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & \text{if } m \leq x \leq u \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

به طوری که  $l$  و  $m$  و  $u$  به ترتیب کمترین مقدار ممکن، محتمل ترین مقدار ممکن و حداکثر

مقدار ممکن  $\tilde{A}$  می‌باشند. عدد فازی مثلثی  $\tilde{A} = (l, m, u)$  در فضای هندسی به صورت 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 به صورت زیر نشان داد (وو، ۲۰۰۹):

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (4)$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (5)$$

$$\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) / (l_2, m_2, u_2) = (l_1 / l_2, m_1 / m_2, u_1 / u_2) \quad (6)$$

$$\lambda \tilde{A}_1 = (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1), \lambda > 0 \quad (7)$$

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 فاصله نقطه‌ای  $\tilde{A}_1$  و  $\tilde{A}_2$  به صورت زیر تعریف می‌شود (یاو و وو، ۲۰۰۰):

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

### 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. به‌طور کلی 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 ایبات و نظرات خبرگان است و به صورت  $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  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 به صورت زیر نشان داده می‌شود:

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

به طوری که  $a_{Bj}$  اولویت مربوط به بهترین معیار انتخاب شده‌ی  $B$  نسبت به هر معیار  $Z$  را نشان می‌دهد. واضح است که  $a_{BB} = 1$ .

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

$$A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})^T \quad (11)$$

به طوری که  $a_{jw}$  اولویت هر معیار  $Z$  را نسبت به بدترین معیار انتخاب شده‌ی  $W$  را نشان می‌دهد. واضح است که  $a_{ww} = 1$ .

گام ۵. تعیین اوزان بهینه  $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ : در این گام به منظور دستیابی به اوزان بهینه معیارها بایستی بیشترین اختلاف مطلق  $\{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jw}w_w|\}$  برای تمام  $Z$ ها کمینه شود؛ که به صورت مسئله بهینه‌سازی زیر فرمول‌بندی شده است.

$$\begin{aligned} \min \max_j \{ & |w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j \\ & - a_{jw}w_w| \} \\ \text{S. t.} & \\ \sum_j w_j &= 1 \\ w_j \geq 0, & \text{ for all } j \end{aligned} \quad (12)$$

مسئله (۱۲) قابل تبدیل شدن به مدل زیر را دارد:

$$\begin{aligned} \min \xi^L & \\ \text{S. t.} & \\ |w_B - a_{Bj}w_j| &\leq \xi^L, \text{ for all } j \\ |w_j - a_{jw}w_w| &\leq \xi^L, \text{ for all } j \\ \sum_j w_j &= 1 \\ w_j \geq 0, & \text{ for all } j \end{aligned} \quad (13)$$

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

## ۴-۲. 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 بر اساس 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) به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K \tilde{x}_{ij}^k \quad (14)$$

به طوری که  $\tilde{x}_{ij}^k$  درجه فازی تخصیص یافته توسط  $k$  تصمیم‌گیرنده است. در این صورت یک مسئله MCDM برای تصمیم‌گیری گروهی در یک محیط فازی به صورت زیر ملاحظه می‌شود.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n} \quad (15)$$

به طوری که  $\tilde{x}_{ij}$ ،  $i, j = 1, 2, \dots, m$  درجه فازی گزینه بالقوه  $A_i$ ، 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. از این رو ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال به صورت  $\tilde{R}$  نشان داده می‌شود (چن، ۲۰۰۰):

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (16)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \quad j \in B$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \quad j \in C$$

$$u_j^+ = \max_i u_{ij} \quad \text{if } j \in B$$

$$l_j^- = \min_i l_{ij} \quad \text{if } j \in C$$

به طوری که 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  $A^-$

به صورت زیر تعریف می‌شود. به طوری که  $\tilde{r}_{0j}^+ = \max_i (\tilde{r}_{ij})$ ،  $\tilde{r}_{0j}^- = \min_i (\tilde{r}_{ij})$  و  $j =$

1.2 ... n

$$A^+ = [\tilde{r}_{01}^+, \tilde{r}_{02}^+, \dots, \tilde{r}_{0n}^+] \quad (17)$$

$$A^- = [\tilde{r}_{01}^-, \tilde{r}_{02}^-, \dots, \tilde{r}_{0n}^-] \quad (18)$$

گام ۳. محاسبه ضریب رابطه خاکستری فازی موزون: راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی به عنوان

سری‌های ارجاعی و هر یک از گزینه‌ها به عنوان سری‌های مقایسه‌ای هستند. ضریب رابطه

خاکستری فازی موزون هر گزینه نسبت به راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی براساس

معادلات (۱۹) و (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$\gamma(\tilde{r}_{0j}^+, \tilde{r}_{ij}) = \frac{\min_i \min_j \tilde{d}_{ij}^{w+} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w+}}{\tilde{d}_{ij}^{w+} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w+}} \quad (19)$$

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

$$\gamma(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij}) = \frac{\min_i \min_j \tilde{d}_{ij}^{w-} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w-}}{\tilde{d}_{ij}^{w-} + \xi \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{w-}} \quad (20)$$

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

به طوری که  $\xi \in [0,1]$  ضریب برطرف‌سازی و  $w_i$  نیز نشان‌دهنده اوزان معیارهای به‌دست‌آمده از طریق تجزیه و تحلیل 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.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \gamma(\tilde{r}_{0j}^+, \tilde{r}_{ij}) \quad (21)$$

$$R_i = \max_j \gamma(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij}) \quad (22)$$

به طوری که  $S_i$  نشان‌دهنده فاصله گزینه  $i$  از راه‌حل ایده‌آل مثبت و  $R_i$  بیانگر فاصله گزینه  $i$  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:

$$Q_i = v \left( \frac{S^+ - S_i}{S^+ - S^-} \right) + (1 - v) \left( \frac{R_i - R^+}{R^- - R^+} \right) \quad (23)$$

به طوری که  $S^+ = \max_i S_i$ ،  $S^- = \min_i S_i$ ،  $R^+ = \min_i R_i$ ،  $R^- = \max_i R_i$  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 به طوری که دو شرط زیر هم‌زمان برقرار گردد:

- شرط اول (ویژگی پذیرش): گزینه  $A^1$  انتخاب می‌شود اگر  $Q(A^2) - Q(A^1) \geq 1/m - 1$  به طوری که  $A^2$  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.

### 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:

$i = \{1, 2, \dots, m\}$  مجموعه ریسک‌های بحرانی

$j = \{1, 2, \dots, n\}$  مجموعه استراتژی‌های پاسخ‌دهی

#### پارامترها:

$C_{ij}$  هزینه پیاده‌سازی استراتژی  $j$ ام برای ریسک بحرانی  $i$ ام

$T_{ij}$  زمان پاسخ‌گویی استراتژی  $j$ ام برای ریسک بحرانی  $i$ ام

$Q_{ij}$  سطح کیفی استراتژی  $j$ ام برای ریسک بحرانی  $i$ ام

BD میزان بودجه در دسترس

TN مدت زمان در دسترس

حداکثر تعداد استراتژی‌های مجاز جهت تخصیص به هر ریسک  $TP_i$

متغیر تصمیم:

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

مدل ریاضی پژوهش بشرح ذیل است:

$$\text{Min}Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}x_{ij} \quad (24)$$

$$\text{Min}Z_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{ij}x_{ij} \quad (25)$$

$$\text{Max}Z_3 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Q_{ij}x_{ij} \quad (26)$$

s. t

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}x_{ij} \leq BD \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{ij}x_{ij} \leq TN \quad (28)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq TP_i \quad \forall i \quad (29)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall i \quad (30)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (31)$$

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

در دسترس را در نظر می‌گیرد. عبارت (۲۹) تضمین می‌کند که تعداد استراتژی‌های تخصیص یافته 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 شده است.

#### ۴. 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 مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌منظور دستیابی به نتایج معتبر از یک روش اجماعی بهره گرفته شده است؛ 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.

جدول ۲. 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

#### ۴-۱. 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 بهره‌برده شده است. 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) قابل مشاهده است.

جدول ۳. بهترین و بدترین معیار شناسایی شده توسط خبرگان

معیار (شاخص)	شناسایی شده به عنوان "مهم‌ترین معیار"	شناسایی شده به عنوان "کم‌اهمیت‌ترین معیار"
شدت	۸ و ۵	-
احتمال وقوع	۷ و ۳	۱ و ۶
تشخیص	۹	۵ و ۴
زمان	۱ و ۲	۸
هزینه	۶ و ۴	-
کیفیت	-	۲ و ۷ و ۹

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، به طوری که 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 به عنوان بهترین انتخاب شود، انتخاب بهترین معیار به صورت کاملاً اختیاری بوده است.

به طریق مشابه به تعیین اولویت‌های سایر معیارها نسبت به بدترین معیار پرداخته می‌شود؛ به طوری که از پاسخ‌دهندگان (خبرگان) خواسته می‌شود، اولویت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار را مشخص کنند. در نهایت روش بهترین - بدترین به منظور 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 به کارگیری نرم‌افزار GAMS نسخه ۲۴.۳ و حل‌کننده‌ی BARON نتیجه می‌گردد.

\* $\lambda$  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 پرداخته است؛ همان‌طور که پیش‌تر بیان شد ضعف‌های مدل

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 قرار گرفته، 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 به عنوان 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 به‌دست آمده، مواردی را که مشخصه Q آنها کمتر از ۰/۵ بود را به عنوان ریسک‌های بحرانی جهت تخصیص استراتژی پاسخ‌دهی به آنها انتخاب کردند. لازم به ذکر است در این پژوهش پارامترهای  $\xi$  و  $\gamma$  برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده‌است.

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

ردیف	ریسک بحرانی شناسایی شده	Q	رتبه	کد
۱	خطر برق‌گرفتگی	۰/۰۰۰	۱	R <sub>14</sub>
۲	خطر نشستی هنگام راه‌اندازی	۰/۰۸۸	۲	R <sub>9</sub>
۳	گیر افتادن لباس و اعضاء بدن فرد تعمیرکار بین تجهیزات دوار و ثابت	۰/۱۰۰	۳	R <sub>13</sub>
۴	شکستگی بست داربست در حین عملیات داربست‌بندی	۰/۱۸۲	۴	R <sub>11</sub>
۵	سقوط ناگهانی جرثقیل و بار روی فرد هنگام تست‌ها	۰/۲۳۰	۵	R <sub>12</sub>
۶	سوختگی با قیر مذاب هنگام عایق‌کاری	۰/۲۳۷	۶	R <sub>19</sub>
۷	ارتعاش	۰/۳۴۱	۷	R <sub>3</sub>
۸	سقوط تراک میکسر یا نفرات به داخل حوضچه ترسیب	۰/۳۴۷	۸	R <sub>7</sub>
۹	عوارض تنفسی ناشی از رنگ‌آمیزی در محیط بسته	۰/۳۹۳	۹	R <sub>17</sub>
۱۰	توسعه و انتقال حریق از پیمانکاران هم‌جوار به محدوده کارگاه	۰/۴۱۰	۱۰	R <sub>15</sub>

مأخذ: نتایج تحقیق

## ۴-۲. 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 اسپیلون-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 شناسایی شده به تفکیک در جدول (۵) ارائه شده‌اند:

جدول ۵. استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌های بحرانی مرتبط با پروژه‌های صنعت نفت و گاز

کد	استراتژی‌های پاسخ	ریسک
X <sub>1</sub>	نظارت بر ایمن کار کردن کارکنان	R <sub>14</sub>
X <sub>2</sub>	آموزش خطرات ناشی از کار به کارکنان درگیر	
X <sub>3</sub>	نصب تابلوهای هشداردهنده و اطلاع‌رسان در موقعیت اجرای کار	
X <sub>4</sub>	رعایت روش اجرایی	
X <sub>5</sub>	رعایت کلیه دستورالعمل‌های ایمنی	
X <sub>6</sub>	آمادگی تیم شرایط اضطراری	
X <sub>7</sub>	رعایت کنترل‌های قبل و حین راه‌اندازی مطابق چک‌لیست‌ها	
X <sub>8</sub>	آموزش اپراتورها در خصوص آشنایی با تغییرات انجام‌گرفته	
Y <sub>1</sub>	بستن بلت‌ها طبق استاندارد	R <sub>9</sub>
Y <sub>2</sub>	استفاده از Gasket استاندارد و سالم	
Y <sub>3</sub>	انجام تست‌های نشتی اتصالات	
Y <sub>4</sub>	محصور نمودن محل انجام عملیات با نصب نوار خطر و طناب	
Y <sub>5</sub>	تخلیه افراد از موقعیت انجام اجرای کار	
Y <sub>6</sub>	استفاده از PPE مناسب با نوع کار اجرایی	
Z <sub>1</sub>	استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات با کیفیت مناسب	R <sub>13</sub>
Z <sub>2</sub>	ایجاد سیستم PM	
Z <sub>3</sub>	کسب مجوز تعمیرات قبل از شروع فعالیت اجرایی	
Z <sub>4</sub>	بدون برق کردن سیستم‌های الکتریکی قبل از شروع عملیات تعمیرات	
Z <sub>5</sub>	استفاده از حفاظ روی قسمت‌های دوار	
m <sub>1</sub>	رعایت آیین‌نامه ملی ساختمان	R <sub>11</sub>
m <sub>2</sub>	رعایت دستورالعمل ایمنی کار در ارتفاع	
m <sub>3</sub>	استفاده از مصالح سالم و بدون نقص فنی برای داربست‌بندی	
m <sub>4</sub>	بازرسی از اتصالات مورد استفاده قبل از اجرای داربست‌بندی	
m <sub>5</sub>	اجرای کمربند ایمنی جلیقه‌ای	

کد	استراتژی‌های پاسخ	ریسک
n <sub>1</sub>	آموزش و بازآموزی مجدد کارکنان اسکافلدبند	
n <sub>2</sub>	نظارت و بازرسی مستمر افراد مسئول HSE از جبهه‌های کاری	R <sub>12</sub>
n <sub>3</sub>	اضافه کردن ابزار آلات تخصصی کار در ارتفاع شامل: لایف لاین، پاراشوتینگ و تور نجات و غیره	
o <sub>1</sub>	استفاده از پوشش‌های عایقی آماده مانند ایزوگام	
o <sub>2</sub>	استفاده از ظروف و ابزار مناسب برای انتقال قیر مذاب	R <sub>19</sub>
o <sub>3</sub>	استقرار ظروف و بشکه حاوی قیر در محل مطمئن و در حالت پایدار	
p <sub>1</sub>	کنترل ارتعاش در موقع طراحی و ساخت دستگاه	
p <sub>2</sub>	کنترل ارتعاش به روش‌های فنی در منبع تولید: نظیر استفاده از ایزولاتورهای دینامیکی، فلزی، ماریچی و غیره	
p <sub>3</sub>	نصب میراکننده در محل‌های تماس با بدن روی دستگاه	R <sub>3</sub>
p <sub>4</sub>	اقدامات مدیریتی نظیر کاهش مواجهه، گردشی نمودن کار، تغییر شغل و غیره	
p <sub>5</sub>	استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب نظیر: کفش، دستکش، زیرپایی ضد ارتعاش	
q <sub>1</sub>	تأمین روشنایی مناسب محل در شب	
q <sub>2</sub>	تخلیه دوره‌های رسوبات با توجه به ظرفیت و حجم رسوبات حوضچه	R <sub>7</sub>
q <sub>3</sub>	محصور نمودن اطراف حوضچه با استفاده از حفاظ مستحکم	
q <sub>4</sub>	ایجاد دایک خاکی یا دیواره بتنی در اطراف حوضچه برای پیشگیری از سقوط تراک میکسر	
r <sub>1</sub>	برقراری تهویه مناسب در محل	
r <sub>2</sub>	استفاده از ماسک تنفسی مناسب	R <sub>17</sub>
r <sub>3</sub>	آموزش MSDS مواد مصرفی به افراد	
s <sub>1</sub>	شناسایی نوع و مراکز خطر و آسیب‌رسان خارج از حوزه فعالیت بر نفرات و تجهیزات	
s <sub>2</sub>	تشکیل تیم شرایط اضطراری	
s <sub>3</sub>	انجام مانور برای ایجاد آمادگی برای وضعیت اضطراری	R <sub>15</sub>
s <sub>4</sub>	آموزش خطرات ناشی از مراکز خارج از حوزه فعالیت به افراد درگیر در سایت	
s <sub>5</sub>	تهیه و نصب تجهیزات اطفاء حریق برای مقابله با حریق‌های احتمالی	
s <sub>6</sub>	آموزش اطفاء حریق به کارکنان درگیر در سایت	

مأخذ: نتایج تحقیق

#### ۴-۳. 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 قابل مشاهده 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

با توجه به در دسترس نبودن کلیه اطلاعات ورودی، برخی از اعداد به صورت تصادفی و از توزیع یکنواخت تولید شده‌اند، ارقام به صورت میلیون-ریال است. حداکثر تعداد استراتژی مجاز جهت تخصیص به هر ریسک مطابق با جدول (۶) ارائه شده است. 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 <sub>14</sub>	R <sub>9</sub>	R <sub>13</sub>	R <sub>11</sub>	R <sub>12</sub>	R <sub>19</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>17</sub>	R <sub>15</sub>
حداکثر استراتژی جهت تخصیص	۵	۴	۳	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۵

مأخذ: نتایج تحقیق

#### ۴-۴. نتایج به دست آمده از حل مدل

به منظور حل مدل از روش اسپیلون محدودیت تکامل یافته و به کارگیری نرم افزار بهینه‌سازی GAMS و حل‌کننده BARON استفاده شده است. زمان اجرای حل مدل نیز ۶۶/۹۶ ثانیه به طول کشید. پس از ارائه نتایج به خبرگان شرکت نفت و گاز پارس و با توجه به مقادیر به دست آمده 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 شده است.

در جدول (۷)، ریسک‌های مربوط به هر استراتژی نشان داده شده است، به گونه‌ای که مقادیر Rها کدهای مربوط به خطرات بالقوه شناسایی شده مرتبط با هر یک از ریسک‌ها می‌باشد. (جدول ۱). سایر کدهای نوشته شده  $x, y, z, m, n, o, p, q, r, s$ ها نیز در جدول (۵) تشریح گردیده است.

جدول ۷. چگونگی تخصیص استراتژی‌ها به هر ریسک

Risks	Strategy								Risks	Strategy							
R <sub>14</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	R <sub>19</sub>	o <sub>1</sub>	o <sub>2</sub>	o <sub>3</sub>	-	-	-	-	-
R <sub>9</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>5</sub>	y <sub>6</sub>	-	-	R <sub>3</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	p <sub>4</sub>	p <sub>5</sub>	-	-	-
R <sub>13</sub>	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	z <sub>3</sub>	z <sub>4</sub>	z <sub>5</sub>	-	-	-	R <sub>7</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	-	-	-	-
R <sub>11</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	-	-	-	R <sub>17</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	-	-	-	-	-
R <sub>12</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	R <sub>15</sub>	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	s <sub>4</sub>	s <sub>5</sub>	s <sub>6</sub>	-	-

مأخذ: نتایج تحقیق

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

مدیریت ریسک یکی از فازهای مدیریت پروژه است. از آنجایی که 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 به کارگیری 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 آپسیلون تکامل یافته، برای هر ریسک یک استراتژی به‌عنوان مناسب‌ترین راهکار انتخاب گردید.

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

هدر رفت هزینه‌های سازمان‌ها پیشگیری نماید. بنابراین لزوم توجه 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 در زمینه‌ی 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 برق گرفتگی. 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 بت‌ها طبق استاندارد مورد بازبینی و بستن قرار گیرند.
- 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 الکتریکیال بعد از انجام فعالیت قطع شوند تا قبل از شروع هر گونه 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.

- 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، ماریپیچی، 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 توسعه و انتقال حریق توصیه می‌گردد.

## 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. Seyrafiانpour** (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., Marhavidas 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.

- 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 Perception 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.