ارائه مدل ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره با رویکرد فازی جهت اولویت بندی و انتخاب استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات[1]

علی محتشمی[1،*]، محمد میری اصل[2]

[1] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت صنعتی، قزوین، ایران (عهده دار مکاتبات)

[2] کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت صنعتی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۵، اصلاحیه: شهریور ۱۳۹۵، پذیرش: آبان ۱۳۹۵

چکیده

هدف از ارائه این مقاله بررسی میزان ارجحیت استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. برای این منظور تصمیم گیری در شرایط عدم قطعیت مورد بررسی قرار گرفته است. بدین ترتیب که کلیه داده‌ها به صورت یک عدد فازی مثلثی می‌باشد. در روش ارائه شده ابتدا وزن شاخص‌ها محاسبه شده و سپس استراتژی‌ها با در نظر گرفتن شاخص‌ها بوسیله روش‌های تاپسیس فازی[2]، ویکور فازی[3] و میانگین وزنی ساده فازی[4] رتبه بندی گردیدند. سپس با درنظر گرفتن رتبه‌های بدست آمده از این روش‌ها به کمک روش‌های میانگین رتبه‌ها وکپلند رتبه بندی نهایی استراتژی‌ها محاسبه گردید. به منظور سنجش کارایی مدل فوق یک مطالعه موردی در شرکت پالایش گاز بید بلند انجام گردید و نتایج حاصل از بکارگیری این روش در شرکت مورد نظر ارائه گردیده است. در پایان نیز پیشنهاداتی جهت تحقیقات آتی ارائه شده است.

واژگان کلیدی: استراتژی نگهداری و تعمیرات، حداقل مربعات لگاریتمی اصلاح شده، تاپسیس فازی، ویکور فازی، میانگین وزنی ساده فازی، کپلند، میانگین رتبه‌ها

۱- مقدمه

سیستم نگهداری و تعمیرات نظامی پویا و ساخت یافته متشکل از مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌ها است که به منظور حفظ، نگهداری و تعمیرات تاسیسات و تجهیزات در سازمان ایجاد و مبتنی بر رضایت مشتری و انطباق با نیازهای او پیاده سازی می‌شود. از طرفی دیگر سیستم نگهداری و تعمیرات تلاش و کوششی پیوسته است تا رضایت مشتری با کمترین هزینه و در زمان مناسب صورت گیرد[۳] انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب با مجموعه ای از تصمیم گیری‌های ترکیبی[1] و هم شکل به سازمان در راه رسیدن به هدف کمک می‌کند. از اینرو اثربخشی نگهداری و تعمیرات تنها زمانی قابل بررسی استکه یک استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات معین شناخته شده و بررسی شود. از اینرو استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات باید موثر و با اهداف تجارت و تولید هم سازگار باشد [۴]. نگهداری و تعمیرات مناسب از تجهیزات کارخانه می‌تواند بطور قابل ملاحظه ای باعث کاهش هزینه کلی عملیات و افزایش بهره‌وری کارخانه شود. هرچند از دید بسیاری از پرسنل مدیریتی عملیات نگهداری و تعمیرات پر هزینه به نظر می‌رسد، ولی با یک نگاه خوش بینانه و مثبت می‌توان نشان داد که این گونه فعالیت‌ها باعث سوددهی بیشتر می‌شود. با بازنگری راه‌های مشابه و متداول نگهداری و تعمیرات، می‌توان نت را به حالت‌های پیشگیرانه، پیشگویانه و پرواکتیو (فوق فعال) تقسیم بندی نمود. امروزه چالش‌های اساسی رو در روی دست‌اندرکاران امور مربوط به نگهداری و تعمیرات، تنها یادگیری این تکنیک‌ها نیست، بلکه تصمیم‌گیری در رابطه با انتخاب بهترین گزینه و مؤثرترین تکنیک‌های نگهداری و تعمیرات برای سازمانشان است. اگر گزینه‌ای درست انتخاب شود، امکان بهبود و ارتقای کیفی عملکرد ماشین آلات بوجود می‌آید و همزمان با آن هزینه‌های نگهداری و تعمیرات نیز کاهش پیدا خواهد کرد. برعکس در صورتی که گزینه‌های نادرست انتخاب شود، نه تنها قادر به حل مسئله خود نخواهیم شد بلکه مشکلات قبلی را وخیم‌تر نموده و مشکلات جدیدتری رابرای سازمان ایجاد خواهیم

۱- این مقاله برگرفته از یک کارپژوهشی است که با حمایت مالی شرکت پالایش گاز بیدبلند انجام گرفته است.

2.Fuzzy topsis
3.Fuzzy vikor
4.Fuzzy saw
5.Combining Decision

*mohtashami@qiau.ac.ir

نمود[۱]. مبحث نگهداری و تعمیرات از مباحث مهم هر صنعت است که از طرق مختلف منجربه افزایش به راهوری وکارآیی می‌گردد؛ چراکه باتوجه به کمیابی منابع اعمال انرژی، نیروی انسانی، سرمایه و ... می‌تواند کمک بزرگی درجهت دستیابی به اهداف بنماید و از مسائل مهم در امر نگهداری و تعمیرات، استفاده هرچه بیشتر (در صورت امکان بهینه) از امکانات موجود، پرسنل و زمان می‌باشد[۲]. لینگ وانگ [۱] و جان چو[۲] وجان وو[۳] (۲۰۰۷) از روش فرآیند سلسله مراتبی فازی [۴] جهت انتخاب استراتژی برتر تعمیرات و نگهداری در مقالشان تحت عنوان انتخاب استراتژی برتر نگهداری وتعمیرات با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی که در یک پالایشگاه در کشور چین انجام دادند استفاده کردند. در این مقاله ۴ استراتژی نت اصلاحی، نت مبتنی برزمان، نت مبتنی بر شرایط و نت پیشگیرانه مورد ارزیابی قرار گرفت[۶]. مایتی وآران راج [۵] (۲۰۱۰) از ترکیب روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی آرمانی برای انتخاب استراتژی برتر تعمیرات و نگهداری مبتنی بر ریسک استفاده کردند. دراین مقاله از معیارهای هزینه و قابلیت اطمینان جهت انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی برریسک استفاده کردند. همچنین استراتژی‌های نت مبتنی بر وضعیت، نت مبتنی بر زمان و نت اصلاحی به عنوان استراتژی‌های مورد نظر جهت بررسی و انتخاب بکار گرفته شدند[۷]. ماسیمو برتولینی و مائوریزیو بویلاکوا[۶](۲۰۰۶) از ترکیب روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی جهت انتخاب استراتژی برتر تعمیرات و نگهداری استفاده کردند. آنها در بررسی خود از سه معیار مربوط به تجزیه و تحلیل حالات شکست[۷]، یعنی احتمال تشخیص، شدت و احتمال وقوع به عنوان معیارهای مورد بررسی جهت انتخاب استراتژی برتر استفاده کردند. در این بررسی سه استراتژی نت اصلاحی، نت پیشگیرانه و نت پیشبینانه به عنوان گزینه‌های مورد بررسی انتخاب شد[۸] بشیری و همکارانش[۸] (۲۰۱۱) روش جدیدی را بر مبنای رویکرد فازیدر ترکیب با روش تخصیص خطی فعال جهت انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات استفاده کردند. از جمله مهمترین رویکردهایی که در این تحقیق ارزیابی شده اند عبارتند از: نت اصلاحی، نت پیشبینانه نت مبتنی بر وضعیت فنی و نت پیشگویانه[۹]. شیجیث کی[۹] و همکاران (۲۰۰۸) رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره را جهت ارزیابی استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات را با هدف بکارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس برای انتخاب استراتژی بهینه استفاده کردند. در این مقاله از تکنیک فرآیند تحلسیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به معیارها و از تکنیک تاپسیس برای اولویت بندی معیارها استفاده شده است[۱۰].

۲- متدولوژی پیشنهادی

در این پژوهش تلاش می‌شود که با ارائه یک مدل ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره استراتژی‌های نت متناسب با عیب مورد نظر اولویت بندی و انتخاب شوند نحوی که بعد از توزیع پرسشنامه‌ها براساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، مقایسات زوجی برمبنای متغیرهای کلامی مطرح شده در جدول (۲) انجام و با استفاده از روش حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده مطرح شده توسط وانگ وزن‌ها بدست آمد. سپس بر اساس اوزان بدست آمده و با استفاده از روش‌های تاپسیس فازی، ویکور فازی، ساو فازی اقدام به اولویت بندی استراتژی‌های نت می‌شود. سپس با روش‌های میانگین رتبه‌ها و کپلند اقدام به جمع بندی اولویت‌بندی‌های بدست آمده از روش‌های مذکور می‌شود. در ادامه به تشریح روش‌های فوق و نتایج بدست آمده می‌پردازیم.

۲-۱- روش حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده

مدل حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده مطرح شده توسط وانگ و همکارانش[۱۰] به صورت زیر می‌باشد[۱۱]:

$$Min\ J = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}((\ln w_i^L - \ln w_j^U - \ln a_{ijk}^L)^2 + (ln\, w_i^M - ln\, w_j^M - ln\, a_{ijk}^M)^2 + (ln\, w_i^U - ln\, w_j^L - ln\, a_{ijk}^U)^2 \quad (1)$$

ST:

$$w_i^L + \sum_{j=1,j\neq i}^{n} w_j^U \geq 1$$

$$w_i^U + \sum_{j=1,j\neq i}^{n} w_j^L \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i^M = 1 \qquad i = 1,\dots,n,$$

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i^L + w_i^U) = 2 \qquad w_i^U \geq w_i^M \geq w_i^M$$

جواب بهینه برای مدل بالا مستقیما وزن‌های فازی نرمال شده را می‌سازد. لازم به ذکر است که برای حل مدل مذکور از نرم افزار(گمس) استفاده شده است. وزن‌های فازی سراسری در روش حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده نیز می‌توانند با حل دو مدل برنامه ریزی خطی زیر و یک معادله برای هرگزینه که در عبارت‌های ۲و۳و۴ نمایش داده شده، بدست آیند.

1.Ling wang
2.Janchu
3.Janwu
.4FuzzyAHP
5.Arunraj ، maiti
6.Massimobertolini ، Maurizio bevilacqua
7.FMEA
8.Bashiri, M., Badri, H., & Hejazi, T.H
9.Shygith, K., Ilangkumaran, M., & Kumanan, S
10.Wang et al

$$w_{A_i}^{L} = \mathrm{Min}_{W\epsilon\Omega w} \sum_{j=1}^{m} w_{ij}^{L} w_j , \quad i = 1,\ldots,n, \qquad (۲)$$

$$w_{A_i}^{M} = \sum_{j=1}^{m} w_{ij}^{M} W_j^{M} , \quad i = 1,\ldots,n, \qquad (۳)$$

$$w_{A_i}^{U} = \mathrm{Min}_{W\epsilon\Omega w} \sum_{j=1}^{m} w_{ij}^{U} w_j , \quad i = 1,\ldots,n, \qquad (٤)$$

شرح مفاهیم بکار برده شده در مدل حداقل مربعات لگاریتمی اصلاح شده در جدول(۱) نمایش داده شده است.

جدول (۱): شرح مفاهیم ومتغیرهای بکارگرفته شده در مدل حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده

شماره	مفهوم	شرح
۱	i	اندیس مربوط به تعداد معیارهای تصمیم گیری
۲	j	اندیس مربوط به تعداد معیارهای تصمیم گیری
۳	k	تعداد تصمیم گیرنده
٤	$a_{i,j,k}$	نظر خبره k ام در مورد اهمیت معیار iام نسبت به معیار j ام
٥	W_i	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار i ام
٦	L	منظور حد پایین
۷	M	منظور حد وسط
۸	u	منظور حد بالا
۹	a_{ijk}^{L}	نظر خبره k ام در مورد اهمیت معیار iام نسبت به معیار j ام(حد پایین)
۱۰	a_{ijk}^{M}	نظر خبره k ام در مورد اهمیت معیار iام نسبت به معیار j ام(حدوسط)
۱۱	a_{ijk}^{U}	نظر خبره k ام در مورد اهمیت معیار iام نسبت به معیار j ام(حدبالا)
۱۲	δ_{ij}	تعداد تصمیم گیرنده‌هایی که در مورد اهمیت i نسبت به j نظر داده اند
۱۳	w_i^{L}	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار i ام(حد پایین)
۱٤	w_i^{M}	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار i ام م(حد وسط)
۱٥	w_i^{U}	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار i ام م(حد بالا)
۱٦	w_j^{L}	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار jام(حد پایین)
۱۷	w_j^{M}	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار j ام م(حد وسط)
۱۸	w_j^{U}	وزن فازی متغیر تصمیم مربوط به وزن فازی معیار j ام م(حد بالا)

۲-۲- *روش تاپسیس فازی*

گام‌های روش تاپسیس فازی به شرح زیر می‌باشد[۱۵]:

گام ۱: تشکیل یک کمیته از تصمیم گیرندگان و سپس معیارهای ارزیابی شناسایی.

گام ۲: انتخاب متغیرهای زبانی مناسب برای وزن اهمیت این معیارها و رتبه بندی زبانی.

گام ۳ : ادغام[1]وزن معیاربرای گرفتن وزن فازی معیارها

گام۴: ساخت ماتریس‌های فازی تصمیم گیری و ماتریس فازی تصمیم نرمال شده

$$\widetilde{D}_{jk} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \ldots \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots \ \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \ldots \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \text{معیارمثبت} \qquad (۵)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*} + \frac{b_{ij}}{d_j^*} + \frac{c_{ij}}{d_j^*}\right) \text{معیارمنفی} \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}^{-}}{c_{ij}} + \frac{a_{ij}^{-}}{b_{ij}} + \frac{a_{ij}^{-}}{a_{ij}}\right) \qquad (٦)$$

گام ۵: ساخت ماتریس فازی نرمال شده موزون

$$\widetilde{w} = [\widetilde{w}_1 , \widetilde{w}_1 , \ldots , \widetilde{w}_n] \qquad (۷)$$

$$\tilde{v} = \tilde{r}_{ij} * \widetilde{w} \qquad (۸)$$

$$\begin{bmatrix} \tilde{v}_{11}\tilde{v}_{12} & \ldots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21}\tilde{v}_{22} & \ldots & \tilde{v}_{2n} \\ \ldots & & \\ \tilde{v}_{m1}\tilde{v}_{m2} & \ldots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11}\widetilde{w}_1\tilde{r}_{12}\widetilde{w}_1 & \ldots & \tilde{r}_{1n}\widetilde{w}_n \\ \tilde{r}_{21}\widetilde{w}_1\tilde{r}_{22}\widetilde{w}_{12} & \ldots & \tilde{r}_{2n}\widetilde{w}_n \\ \ldots & & \\ \tilde{r}_{m1}\widetilde{w}_1\tilde{r}_{m2}\widetilde{w}_1 & \ldots & \tilde{r}_{mn}\widetilde{w}_n \end{bmatrix}$$

گام ۶ :تعیین راه حل ایده آل مثبت فازی(A^*) و راه حل ایده آل منفی فازی (A^-)

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \ldots , \tilde{v}_n^*) \qquad (۹)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \ldots , \tilde{v}_n^-) \qquad (۱۰)$$

$$\tilde{v}_j^* = max_i\{\tilde{v}_{ij}\} \qquad \tilde{v}_j^- = min_i\{\tilde{v}_{ij}\}$$
$$i = 1,2,\ldots , m \qquad j = 1,2,\ldots , n$$

گام۷: محاسبه اندازه فاصله از ایده آل فازی مثبت و منفی

فاصله گزینه iام از ایده آل مثبت فازی

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \qquad (۱۱)$$

فاصله گزینه iام از ایده آل منفی فازی

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \qquad (۱۲)$$

برای محاسبه d_v فرض کنید دو عدد فازی $\widetilde{m}$و $\widetilde{n}$ راکه به صورت $\widetilde{m} = (m_1, m_2 , m_3)$و$\widetilde{n} = (n_1, n_2 , n)$ می‌باشد را در نظر بگیرید. آنگاه d_v به صورت عبارت ۱۳ محاسبه می‌شود.

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(\tilde{m}_1 - \tilde{n}_1)^2 + (\tilde{m}_2 - \tilde{n}_2)^2 + (\tilde{m}_3 - \tilde{n}_3)^2]} \qquad (۱۳)$$

گام ۸: محاسبه نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه حل ایده آل فازی.

گام ۹: رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس ضریب نزدیکی محاسبه شده

$$c = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \qquad (۱۴)$$

۲-۳-*روش ویکور فازی*

ویکور یک روشMADM توافقی است که توسط آپریکوویچ و زنگ توسعه یافت که برمبنای روش الپیمتریک توسعه یافته است. معیار رتبه‌بندی در این روش بر اساس میزان نزدیکی آنها به جواب ایده‌آل است[۱۳].

1.Aggregate

این روش می‌تواند یک مقدار بیشینه مطلوبیت گروهی برای اکثریت و یک کمینه تاثیرانفرادی برای مخالفت را فراهم نماید.

مراحل این روش شامل گام‌های ذیل است[۱۴]:

گام ۱: تولید جایگزین‌های ممکن، تعیین معیارهای ارزیابی و به شکل یک گروه از تصمیم گیرندگان.

گام ۲: تعریف متغیرهای زبانی و اعداد متناظر مثلثی فازی است.

گام ۳: ادغام ترجیحات و نظرات تصمیم گیرندگان.

گام۴: محاسبه متوسط وزنی فازی و ساخت ماتریس تصمیم فازی (نرمال)

گام ۵ : تعیین بهترین ارزش فازی و بدترین ارزش فازی.

$$\tilde{f}_j^*=\max_i \tilde{x}_{ij},\quad \tilde{f}_j^-=\min_i \tilde{x}_{ij} \qquad (۱۵)$$

گام ۶ : محاسبه ارزش‌های

بطوریکه:

$$\tilde{w}_j\,(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}/\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)\ ,\quad \tilde{S}_i \quad ,\tilde{R}_i \qquad (۱۶)$$

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{k} \tilde{w}_j\,(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}/\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \qquad (۱۷)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j[\,\tilde{w}_j\,(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}/\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \qquad (۱۸)$$

گام۷ : محاسبه ارزش‌های

$$\tilde{S}^*\ ,\ \tilde{S}^-\ ,\ \tilde{R}^*\ ,\ \tilde{R}^-\ ,\ \tilde{Q}_i^*$$

بطوریکه:

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i\ ,\quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \qquad (۱۹)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i\ ,\quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \qquad (۲۰)$$

$$\tilde{Q}^* = V(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*/\tilde{S}^- - \tilde{S}^*) + (1-V)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*/\tilde{R}^- - \tilde{R}^*) \qquad (۲۱)$$

گام۸ : فازی زدایی عددفازی Qو مرتب سازی بر اساس ارزش Q

گام۹ : تعیین یک راه حل سازشی

فرض کنیدکه دو شرطی که زیر آورده شده قابل قبول است

- شرط مزیت قابل قبول:

$$\mathrm{Q}(\mathrm{A}_2) - \mathrm{Q}(\mathrm{A}_1) \geq \tfrac{1}{\mathrm{n}-1} \qquad (۲۲)$$

بطوریکه A_2 بهترین گزینه دوم در رتبه بندی بوسیله شاخص Q، A_1 بهترین گزینه با کمترین مقدار و n تعداد گزینه‌هاست.

- شرط ثبات قابل قبول در تصمیم گیری

گزینه باید در S یا(و) R نیز دارای بهترین رتبه باشد.

اگر یکی از شروط بالا برقرار نشود آنگاه یک مجموعه جواب‌های سازشی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

الف : اگر تنها شرط دوم برقرار نشد، گزینه‌های A_1وA_2

ب :اگر شرط اول برقرار نشد، گزینه‌های A_n و... وA_2 وA_1 . که A_n گزینه‌ای است که در موقعیتn ام که رابطه

$\mathrm{Q}(\mathrm{A}_2) - \mathrm{Q}(\mathrm{A}_1) \geq \frac{1}{\mathrm{n}-1}$در مورد آن صادق است.

مرحله ۱۰: انتخاب بهترین راه حل.

راه حل باحداقلQرا به عنوان بهترین راه حل انتخاب کنید

۲-۴-روش میانگین وزنی ساده فازی

گام‌های روش ساو فازی به شرح زیر می‌باشد[۱۶]:

گام ۱- انتخاب معیارها عنوان یک مرجع در تصمیم گیری و تشکیل کمیته‌ی از کارشناسان برای تصمیم گیری.

گام ۲- تخصیص امتیاز مناسب به معیار توسط کارشناسان از نظر متغیرهای زبانی.

گام ۳- تعیین ماتریس تصمیم فازی برای تمام معیارهای در نظر اعداد فازی مثلثی.

$$\widetilde{D}_{jk} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots \ \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \dots \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۲۳)$$

گام ۴- تعیین میانگین نمره فازی، ارزش فازی زدایی شده و وزن نرمال هر یک از معیارها.

نمره متوسط فازی:

$$(A_{jk}) = (f_{j1}^k + f_{j1}^k + \dots + f_{jn}^k)/n \quad ;\quad j = 1,2,\dots,m \quad ;\quad k = 1,2,\dots,n \qquad (۲۴)$$

ارزش فازی زدایی شده:

عددفازی $\tilde{n} = (a,b,c)$ رادرنظر بگیرید. آنگاه

$$crisp(\tilde{n}) = (a+b+c)/3 \qquad (۲۵)$$

۳- مطالعه موردی

شرکت پالایش گاز بیدبلند در استان خوزستان، در ۱۸ کیلومتری شمال آغاجاری، ۳۲ کیلومتری غرب بهبهان و ۳۵ کیلومتری شرق

وزن نرمال شده برای هر معیار با تقسیم نمرات فازی زدایی شده هر معیار بر مجموع نمرات فازی زدایی شده تمام معیار به دست آمده.

گام ۵- تخصیص امتیاز مناسب به هرکدام از گزینه‌ها براساس معیارهای انتخابی توسط کارشناسان از نظر متغیرهای زبانی.

گام ۶- تعیین نمره متوسط و فازی و نمرات فازی زدایی شده هر یک از گزینه‌ها بر اساس معیارهای انتخابی.

گام ۷- تعیین ماتریس تصمیم گیری برای تمام معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

گام ۸- تعیین ماتریس نرمال شده برای تمام تمام معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{x}_{ij}/\max \tilde{x}_{ij} \qquad (۲۶)$$

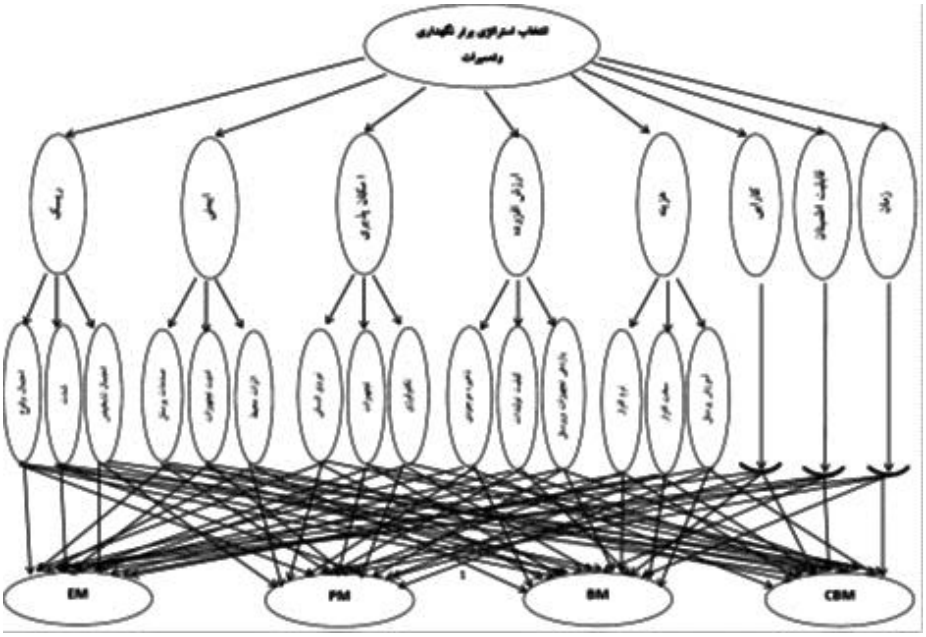
تعیین امتیازات کلی و نهایی

$$TS = [\tilde{r}_{ij}][\tilde{w}_j] \qquad (۲۷)$$

گام ۹- نتایج نهایی به دست آمده از رتبه‌بندی مجموع ضرب ماتریس نرمال شده با وزن نرمال به منظور به دست آوردن بیشترین ارزش به عنوان بهترین گزینه به عنوان راه حل انتخاب شده است.

گام۱۰- نمرات نهایی اولویت بندی گزینه‌ها

شهرک میانکوه جایی که منازل مسکونی و مجموعه ورزشی فرهنگی و دیگر تجهیزات رفاهی کارکنان در آنجا قرار دارد بنا گردیده است. هدف از اجرای پروژه پالایشگاه بید بلند و احداث لوله سراسری شماره یک جلوگیری از به هدر رفتن و سوزانده شدن میلیاردها متر مکعب گاز طبیعی بود که به هنگام استخراج نفت به دست آمده و بیش از ۱۶/۵ میلیارد متر مکعب گاز را در سال از مناطق نفتی جنوب کشور دریافت و فرآوری نماید. جهت انجام پژوهش در زمینه اولویت‌بندی و انتخاب استراتژی‌های نت پمپ کولینگ و عیب خوردگی بدنه و فنداسیون به عنوان نمونه انتخاب شد. پس از انتخاب نمونه جهت اولویت بندی استراتژی‌های نگهداری تعمیرات، ۸معیار از میان معیارهای قابل استفاده در این زمینه جهت ارزیابی انتخاب شدند و برای ۵معیارجهت بررسی جامعتر زیرمعیار نیز در نظر گرفته شد. پس از تعیین معیارها و زیرمعیارها، ۴استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، مبتنی بر وضعیت فنی، مبتنی برشکست و استراتژی نگهداری و تعمیرات اضطراری به عنوان استراتژی‌های مورد استفاده در ارزیابی انتخاب شدند و نمودار سلسله مراتبی حاصل از هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل (۱): نمودار سلسله مراتبی

جهت بهره مندی از نظرات خبرگان ۵ نفر از کارشناسان خبره در زمینه نگهداری و تعمیرات پالایشگاه و همچنین یک نفر به عنوان مشاور صنعتی انتخاب شد. جهت بهره مندی از نظرات خبرگان ۴پرسشنامه طراحی و در مراحل مختلف پژوهش بین خبرگان توزیع و جمع آوری شد. انجام مقایسات زوجی بر اساس متغیرهای کلامی نمایش داده شده در جدول (۲) انجام شده است.

جدول (۲): ارزش گذاری شاخص‌هانسبت به هم

مقیاس فازی مثلثی وارون	مقیاس فازی مثلثی	مقیاس‌های زبانیبرای درجه اهمیت‌ها
(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)	اهمیت یکسان
(۲/۳، ۱، ۳/۲)	(۳/۲، ۱، ۲/۳)	اهمیت کم
(۲/۵، ۲، ۲/۳)	(۵/۲، ۲، ۳/۲)	اهمیت کمی بیشتر
(۲/۷، ۱/۳، ۲/۵)	(۷/۲، ۳، ۵/۲)	اهمیت زیاد
(۲/۹، ۱/٤، ۲/۷)	(۹/۲، ٤، ۷/۲)	اهمیت مطلق

پس از انجام مقایسات زوجی، ماتریس نهایی ادغام شده نظرات خبرگان به صورت جدول (۳) می‌باشد.

جدول (۳):، ماتریس نهایی ادغام شده نظرات خبرگان

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(۰,۲۶۹۵ ،۰,۱۵۲٤۰,۲۰۵٦)	(۰,۲۵٤ ،۰,۲۳٦ ،۰,۲۲)	(۰,۲۹۷ ،۰,۲۵۸ ،۰,۲۲۱)	(۰,۲۹۷٦ ،۰,۲۲۵۳ ،۰,۱٦٦۸)
A_2	(۰,۱۷٦ ،۰,۱٤۰۳ ،۰,۱۱۲۳)	(۰,۱۲۹ ،۰,۱۱۷ ،۰,۱۰۷)	(۰,۱۱۸ ،۰,۱۱۰ ،۰,۱۰۳)	(۰,۱۵٤ ،۰,۱۲۲٦ ،۰,۰۹٦۷)
A_3	(۰,۳۸٤٦ ،۰,۳۰٦۷ ،۰,۲۳٤۳)	(۰,۳۳۳ ،۰,۲۹۲ ،۰,۱۵٦)	(۰,۳٦۱ ،۰,۳٤۱ ،۰,۲۹۸)	(۰,٤۰۵۸ ،۰,۳۲ ،۰,۲٤۱۸)
A_4	(۰,٤٤۱۱ ،۰,۳٤۹٤ ،۰,۲۵۹٦)	(۰,۳۸۹ ،۰,۳۵۵ ،۰,۳۱۵)	(۰,۳٤۸ ،۰,۳۲۲ ،۰,۲۹۲)	(۰,٤۱۳۷ ،۰,۳۳۰٤ ،۰,۲۵۵٦)
	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	(۰,۱۹۷۱ ،۰,۱۵۵۸ ،۰,۱۲۷۷)	(۰,۲۹۲۷ ،۰,۲۳۰۲ ،۰,۱۷۷۹)	(۰,۲۹۲٦ ،۰,۲۲۹٤ ،۰,۱۷٦۳)	(۰,۲۵۱ ،۰,۲۱۸ ،۰,۱۹)
A_2	(۰,۲۱۰۵ ،۰,۱۷۲ ،۰,۱٤۱۱)	(۰,۱٦۹۲ ،۰,۱۳٦۵ ،۰,۱۰۹۹)	(۰,۱۷۱۱ ،۰,۱۳۳٦ ،۰,۱۰۳۵)	(۰,۱٤۹ ،۰,۱۳٤ ،۰,۱۲۲)
A_3	(۰,٤۱۳٦ ،۰,۳٤۱۱ ،۰,۲۷۲۱)	(۰,۳۸۲۹ ،۰,۳۰۵۷ ،۰,۲۳۵۹)	(۰,٤۱۲ ،۰,۳۲۲۷ ،۰,۲٤۲٤)	(۰,۳۷۲ ،۰,۳٤٦ ،۰,۳۱۵)
A_4	(۰,٤۱۱ ،۰,۳۳٤٦ ،۰,۲۵۹۲)	(۰,۳۹۷۲ ،۰,۳۱٤۲ ،۰,۲۳۷٦)	(۰,۳۹۷۲ ،۰,۳۱٤۲ ،۰,۲۳۷٦)	(۰,۳۲۳ ،۰,۳۰۲ ،۰,۲۷۹)

همچنین ماتریس وزن براساس روش حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده در جدول (۴) نمایش داده شده است.

جدول (٤): ماتریس وزن براساس روش حداقل مربعات لگاریتمی فازی اصلاح شده

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4
وزن	(۰,۱٦۳ ،۰,۱۵٦ ،۰,۱٤۵)	(۰,۱٦۵ ،۰,۱۵۰ ،۰,۱۳٤)	(۰,۱۳۵ ،۰,۱۲۷ ،۰,۱۱۷)	(۰,۱۲٤ ،۰,۱۰٤ ،۰,۰۹)
معیار	C_5	C_6	C_7	C_8
وزن	(۰,۱۲۳ ،۰,۱۰۸ ،۰,۰۹۵)	(۰,۱۲۸ ،۰,۱۲۲ ،۰,۱۰٦)	(۰,۱۳۳ ،۰,۱۱٤ ،۰,۰۹۲)	(۰,۱٤٤ ،۰,۱۱۹ ،۰,۰۹۷)

۳-۱-پیاده سازی روش تاپسیس فازی برای اولویت بندی استراتژی‌های نگهداری وتعمیرات

بر اساس مراحل ذکرشده روش تاپسیس فازی که در قسمت ۲ تشریح شد نتایج اولویت‌بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات به صورت جدول شماره (۵) می‌باشد.

جدول (۵): اولیت بندی استراتژی‌های نت بر اساس روش تاپسیس فازی

اولویت بندی	۱	۲	۳	۴
استراتژی نت	PM	CBM	EM	BM

۳-۲- پیاده سازی روش ویکور فازی برای اولویت بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات

پس از پیاده سازی مراحل روش ویکور فازی که در قسمت۲ توضیح داده شد، اولویت بندی استراتژی‌ها به صورت جدول (۶) می‌باشد.

جدول (٦):اولیت بندی استراتژی‌های نت بر اساس روش ویکور فازی

اولویت بندی	۱	۲	۳	۴
استراتژی نت	EM	CBM	PM	BM

۳-۳- پیاده سازی روش میانگین وزنی ساده فازی برای اولویت بندی استراتژیهای نگهداری وتعمیرات

بر اساس نظرات خبرگان وپس از انجام مراحل ده گانه روش ساو فازی اولویت‌بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات به صورت جدول(۷) می‌باشد.

جدول (۷): اولیت بندی استراتژی‌های نت بر اساس روش ساو فازی

اولویت بندی	۱	۲	۳	۴
استراتژی نت	PM	CBM	EM	BM

۳-۴-جمع بندی نتایج روش‌های تاپسیس فازی، ویکورفازی و میانگین وزنی ساده فازی

پس از اجرا و پیاده سازیروش‌های تاپسیس فازی، ویکور فازی و میانگین وزنی ساده فازی، اقدام به جمع‌بندی نتایج این روش‌ها و ارائه یک اولویت بندی واحد منتج از هر سه روش با استفاده از روش‌های ترکیبی میانگین رتبه‌ها و کپلند شد.

۳-۴-۱- پیاده سازی روش میانگین رتبه‌ها

در این مرحله بااستفاده ازروش میانگین رتبه‌هابه جمع بندی نتایج روش‌های اولویت بندی بکارگرفته در پژوهش شد نتایج روش میانگین رتبه‌ها در جدول (۸) نمایش داده شده است.

جدول (۸):جمع بندی اولیت بندی استراتژی‌های نت بر اساس روش میانگین رتبه‌ها

اولویت بندی نهایی		میانگین رتبه‌ها	میانگین وزنی فازی	ویکور فازی	تاپسیس فازی	روش / گزینه
رتبه	استراتژی نت					
۱	CBM	۲,۳۳	۳	۱	۳	EM
۲	*PM*	۴	۴	۴	۴	BM
۳	EM	۲	۲	۳	۱	PM
۴	BM	۱,۶۶	۱	۲	۲	CBM

۳-۴-۱- پیاده سازی روش کپلند

در این مرحله با استفاده از روش کپلند به جمع بندی اولویت بندی‌های بدست آمده از روش های‌تاپسیس فازی، ویکور فازی و ساوفازی پرداخته شد. نتایج و اولیت بندی روش کپلند در جدول (۹) نمایش داده شده است. لازم به ذکراست که در جدول (۹) x در ردیف‌ها نشان دهنده باخت و درستون‌ها نشان دهنده برد وm در ردیف‌ها نشان دهنده برد، و در ستون‌ها نشان دهنده باخت می‌باشد. در روش کپلند رتبه بندی براساس تفاضل mها در ردیف و ستون انجام می‌گیرد.

جدول (۹):جمع بندی اولیت بندی استراتژی‌های نت بر اساس روش میانگین رتبه‌ها

اولویت بندی نهایی		مجموع برد	*CBM*	*PM*	*BM*	*EM*	گزینه / گزینه
رتبه	استراتژی نت						
۱	CBM	۱	*X*	*X*	*M*	-----	EM
۲	PM	۰	*X*	*X*	-----	*X*	BM
۳	EM	۲	*X*	-----	*M*	*M*	PM
۴	BM	۳	-----	*M*	*M*	*M*	CBM
			۰	۱	۳	۲	مجموع برد
			۳	۱	-۳	-۱	تفاضل (برد – باخت)

٤- نتیجه‌گیری

همانطور که مشاهده شد اولویت بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات با روش‌های تاپسیس فازی، ویکور فازی و ساو فازی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که این اولویت‌بندی‌ها در هر سه روش تفاوت اندکی با یکدیگر دارند. لیکن با توجه به نیاز به داشتن یک رتبه بندی واحد که ترکیبی از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره باشد، اقدام به استفاده از روش‌های ترکیبی میانگین رتبه‌ها وکپلند جهت جمع بندی نتایج روش‌های مختلف شد. براساس روش تاپسیس فازی نت پیشگیرانه، نت مبتنی بر وضعیت فنی، نت اضطراری و نت مبتنی بر شکست اولویت ۱ تا ۴ را به خود اختصاص دادند. براساس روش ویکور فازی نت اضطراری، نت مبتنی بر وضعیت فنی، نت پیشگیرانه و نت مبتنی برشکست به ترتیب در رتبه ۱تا۴ قرار گرفتند و همچنین بر اساس روش میانگین وزنی ساده فازی مانند روش تاپسیس فازی اولویت ۱تا۴ استراتژی‌ها به صورت نت پیشگیرانه، نت مبتنی بر وضعیت فنی، نت اضطراری و نت مبتنی بر شکست شد. در پایان با استفاده از روش‌های میانگین رتبه‌ها و کپلند به جمع‌بندی اولویت بندی‌های بدست آمده شد که در هر دو روش نت مبتنی بر وضعیت فنی، نت پیشگیرانه، نت مبتنی برشکست و نت اضطراری به عنوان اولویت بندی نهایی استراتژی‌های منتخب جهت رفع یا کاهش عیب خوردگی بدنه و فنداسیون در پمپ کولینگ انتخاب شدند. ازآنجای‌که در بسیاری از مواقع بین شاخص‌ها وابستگی وجود دارد پیشنهاد می‌گردد از روشANP برای بدست آوردن شاخص‌ها استفاده شود. عدم قطعیت مورد نظر در این پژوهش از نوع فازی می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد که از سایر مفاهیم عدم قطعیت، همانند تئوری خاکستری، روباست و یا بلیف استفاده شود.

٥- منابع و مأخذ

[۱] موبری، جان. (۱۳۸۸)، **نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان**، مترجمان: علی زواشکایی و رضا آزادگان، چاپ اول، تهران؛آریانا قلم.

[۲] سید حسینی، سید محمد. (۱۳۸٤)، **برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات ومقدمه ای برtpm.**تهران : سازمان مدیریت صنعتی

[۳] آقایی، میلاد. (۱۳۹۰)، **عوامل موثر بر چابک سازی سیستم نگهداری وتعمیرات**، فصل نامه مطالعات نیروی انتظامی.٦(٤).

[٤] آقایی، میلاد. و فضلی، صفر. (۱۳۹۱)، **بکارگیری روش ترکیبی DEMATEL وANP برای انتخاب استراتژی تعمیرات و نگهداری**، چشم انداز مدیریت صنعتی.شماره٦.

[٥] داداش پورعمرانی، احمد. خلیلی بندپی، مهدی. (۱۳۸۹)، **کاربردروش sawفازی برای اولویت بندی عملکردهادرمهندسی ارزش**، چهارمین همایش ملی مهندسی ارزش.

[6] Wang, L., Chu, J., Wu, J., (2007), **Selection of Optimum Maintenance Strategies Sased on a Fuzzy Analytic Hierarchy Process**, Int. J. Production Economics, 107.

[7] Arunraj, N.S., Mait, J., (2010),**Risk-based Maintenance Policy Selection Using AHP and Goal Programming**, Safety Science, 48.

[8] Bertolini, M., Bevilacqua, M., (2006), **A Combined Goal Programming-AHP Approachto Maintenance Selection Problem**, Reliability Engineering and System Safety,91.

[9] Bashiri, M., Badri, H., Hejazi, T.H.,(2011), **Selecting Optimum Maintenance Strategy by FUZZY Interactive Linear Assignment Method**, Applied MathematicalModeling, 35,152.

[10] Shygith, K., Ilangkumaran, M., Kumanan, S., (2008),**Multi-Criteria Decision Making Approach to Evaluate Optimum Maintenance Strategy in Textile Industry**, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 14(4).

[11] Wang, Y. M., Elhag, T. M.S., Hua, Z., (2006),**A Modified Fuzzy Logarithmic Least Squares Method for Fuzzy Analytic Hierarchy Process**,Fuzzy Sets and Systems,157.

[12] ۱۲-Chen, L. Y , Wang, T.C.,(2009), **Optimizing Partners' Choice in IS/IT Out sourcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKO**, Int. J. Production Economics,120.

[13] Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2007), **Extended VIKOR Method in**

Compromise with Out Ranking Method. European Journal of Operational Research, 178, 178-514.

[14] Chen, L. Y., Wang, T.C., (2009) ,**Optimizing Partners' Choice in IS/IT Out Sourcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR**. Int. J. Production Economics 120 و 233–242

[15] Chen,C.T.L.,Ching, T. F., Huang, S., (2006), **a Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management**, Int. J. Production Economics ,102 , 289–301

[16] Sagara, M. K., Jayaswala, P., Kushwah, K.,(2013), **Exploring Fuzzy SAW Method for Maintenance Strategy Selection Problem of Material Handling Equipment**, International Journal of Current Engineering and Technology ,Vol.3, No.2 , 2277 – 4106.