

پرومته و روش های فازی چندمعیاری پرومته برای رتبه بندی حالات وقوع خرابی تجهیزات

چکیده

هدف از این کار، توسعه و پیاده سازی یک برنامه کامپیوتری از یک روش برای شناسایی و رتبه بندی حالات وقوع خرابی تجهیزات در عملیات پستهای فرعی برق است. این کار برای رتبه بندی مشکلات (حالت وقوع خرابی) با فرض زمینه چندمعیاری در مخالفت با روش های تجربی اتخاذ شده امروزی پیشنهاد شده است. این روش برای حمایت از PROMETHEE تصمیم چندمعیاری، در مقایسه با روش منطق فازی PROMETHEE قرار می گیرد که مرتبط با نظریه مجموعه های فازی است. در منطق فازی PROMETHEE، داده های ورودی به عنوان اعداد فازی، با هدف در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده ها پرداخت می شوند. با استفاده از رتبه بندی منطق فازی PROMETHEE، می توان به یک واقعی تر در مورد رتبه بندی حالت وقوع خرابی، با توجه به عدم وجود اطلاعات رسید. شدت اثرات مرتبط با وقوع هر یک از حالات وقوع خرابی به عنوان یک معیار برای ارزیابی روش توسعه یافته استفاده می شود. مشخص شده است که وقوع خرابی های عملکردی روی کسب و کار به روش های مختلف تاثیر می گذارد و می تواند با قابلیت اطمینان سیستم، هزینه های عملیاتی، و یا حتی ایمنی یا محیط زیست توافق داشته باشد. بنابراین، درجات مختلف شدت از نظر اقتصادی، عملیاتی، اثرات زیست محیطی، ایمنی نسبت داده می شود. سیستم استنتاج فازی برای به دست آوردن شدت کلی هر یک از حالات سقوط است که در آن ورودی ها، شدت های خاص بالا هستند. با شدت کلی حالت وقوع خرابی، ارزیابی خطرات مرتبط با هر یک از آنها ممکن است. با داشتن یک لیست با اولویت بندی حالات وقوع خرابی، یک روش برای اولویت بندی اقدامات مناسب برای کاهش و یا حذف عواقب ناشی از هر حالت وقوع خرابی می تواند اعمال شود. عمده سهم این کار، در دسترس ساختن یک مدل تصفیه شده، با توجه به تجزیه و تحلیل معیارهای متعدد و منافع مختلف تصمیم گیرندگان، برای یک برنامه تعمیر و نگهداری است که باید

انجام شود. این طرح باید در افزایش قابلیت اطمینان عملیاتی تجهیزات و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری کلی هدف یابی شود.

کلمات کلیدی: تصمیم گیری چندمعیاری، PROMETHEE، اعداد فازی RCM .

1. مقدمه

تعمیر و نگهداری قابلیت اطمینان-محور- RCM - یک فرآیند استفاده شده برای تعمیر و نگهداری مدرن است که در آن مدیریت ریسک در نظر گرفته می شود. RCM از نگهداری سنتی در تمرکز معطوف به عملکرد تجهیزات و سیستم ها متفاوت است. در حالی که در نگهداری سنتی هدف اصلی، حفظ تجهیزات، RCM، همانند [1]، هدف اصلی، حفظ عملکرد اصلی است.

شناسایی حالات وقوع خرابی، علل و آثار آنها، یک بخش اساسی در استفاده از روند RCM است. حالات وقوع خرابی با خطرات بزرگتر باید با اولویت رسیدگی شود، و برای آنها، یک طرح ریزی تعمیر و نگهداری موثر باید صورت گیرد. این طرح باید کارهایی را ایجاد کند که اقتصادی و از لحاظ عملیاتی قابل اجرا باشد. اخذ اولویت بد یا اولویت اشتباه برای حالات وقوع خرابی می تواند به یک طرح تعمیر و نگهداری ناکارآمد منجر شود، و به نقاط حیاتی سیستم به دست نخواهد آمد [2]

اولویت حالات وقوع خرابی باید به عنوان وسیله ای برای برنامه ریزی تعمیر و نگهداری تجهیزات پستهای فرعی، به منظور اتخاذ اقدامات موثر به کار گیری شود تا خطرات مرتبط با تجهیزات را به حداقل برساند. خروجی تصمیم نگهداری مبتنی برای ارزیابی ریسک باید توسط احتمال وقوع یک وقوع خرابی، شدت عواقب آن و احتمال تشخیص وقوع خرابی تحت تاثیر قرار گیرد؛ به عبارت دیگر، این یک مسئله تصمیم گیری چندمعیاری است که در آن چندین معیار ممکن است در تصمیم نهایی اثر بگذارد.

2. روش PROMETHEE

روش PROMETHEE (روش سازماندهی رتبه بندی اولویت برای ارزیابی های غنی سازی) [3] است، یک روش تجزیه و تحلیل چندمعیاری است که از مفاهیم ارائه شده توسط B. Roy، یکی از نویسندگان روش ELECTRE، پیشگام در استفاده از این نوع از روش، استفاده می کند.

با توجه به [3]، این روش برای حل مشکلات چندمعیاری از نوع زیر مفید است:

$$\text{Max}\{f_1(a), f_2(a), \dots, f_k(a) \mid a \in A\}$$

که در آن A-Is مجموعه ای متناهی از جایگزین ها است؛

Fi(.) برای j متغیر از معیارهای 1 تا k- ارزیابی های معیارها درباره A است.

این سنجش ها باید اعداد حقیقی باشند. هر معیار می تواند واحدهای خاص خود را داشته باشد و حالت کلی، وجود ضوابطی را که باید به حداقل برسد و معیارهایی را که باید حداکثر شو، به معنای درک شده به عنوان معیار بهینه سازی در نظر می گیرد. برای هر معیار، ترجیحا یک تابع یا معیار تعمیم کلیت یافته مشخص شود، که مقادیری بین 0 و 1 را به منظور ارائه ترجیح تصمیم گیرنده در برابر تفاوت ها نسبت به هر معیار ارزیابی، و همچنین از بین بردن اثرات مقیاس های مربوط به واحدها که در آن معیارها بیان شده اند، اتخاذ می کند.

تابع ترجیح و یا معیار تعمیم یافته، نشان دهنده رفتار و نگرش تصمیم گیرنده در مورد تفاوت ها بین گزینه ها برای یک معیار J معین است. تصمیم گیرنده دارای درجات آزادی با توجه به نوع معیاری است که او برای محدودیت های بی تفاوتی و ترجیحات سخت استفاده خواهد نمود همانطور که می توان در [3] دیده می شود. ترجیحا یک شاخص وزندار π باید به صورت معادله (1)، برای تمام جفت گزینه های دیگر تعریف شود و درصد ترجیحا گزینه a را در مورد جایگزین b، با در نظر گرفتن وزن های نسبت داده شده به هر یک از معیارها نشان خواهد داد

$$\pi(a,b) = \frac{\sum_{j=1}^k w_j P_j(a,b)}{\sum_{j=1}^k w_j} \quad (1)$$

ضرایب w_j ، وزن نامیده می شوند و اندازه گیری های اهمیت هر معیار استفاده شده هستند. این وزن ها باید توسط تصمیم گیرنده تعیین شود؛ اگر تمام معیارهای دارای یک اهمیت باشند، بنابراین این وزن ها ممکن است برابر باشند.

این روش سه جریان رتبه بالاتر را تعریف می کند: جریان ترک (Φ^+) ، جریان ورود (Φ^-) و جریان خالص (Φ)

$$\phi^+(a) = \frac{\sum_{\substack{b=1 \\ b \neq a}}^n \pi(a,b)}{n-1} \quad (2) \quad \phi^-(a) = \frac{\sum_{\substack{b=1 \\ b \neq a}}^n \pi(b,a)}{n-1} \quad (3)$$

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (4)$$

با جریان ترک بالاتر و جریان ورود کمتر، جایگزین بهتر خواهد بود.

PROMETHEE II از جریان خالص برای یک پیش مرتبه بندی استفاده می کند:

$$\begin{cases} aPb & \text{if } \phi(a) > \phi(b) \\ aIb & \text{if } \phi(a) = \phi(b) \end{cases}$$

که در آن P و I نماینده بهتر و بی تفاوت، به ترتیب می باشد.

بنابراین، از طریق PROMETHEE II، می توان به پیش مرتبه بندی کامل جلوگیری کننده از وقوع جایگزین بی نظیر رسید.

III. PROMETHEE فازی

مرجع [4] یک اقتباس از روش PROMETHEE را برای استفاده از اعداد فازی پیشنهاد نموده است. وزن معیارهای تحت عنوان متغیرهای زبانی، به صورت نمایش داده شده توسط اعداد دوزنقه ای فازی در نظر گرفته می شود. در زمینه رتبه بندی تجهیزات از حالات وقوع خرابی، که در این کار شامل آن می شود، عملکرد جایگزین ها (حالات وقوع خرابی) در هر یک از معیارها را می توان تنها به صورت ناهموار به دست آورد. به این ترتیب، استفاده از اعداد فازی در ارزیابی هر حالت وقوع خرابی بسیار مناسب و مهم است، چون که استفاده از آن، یک نگاه دقیق تر را به واقعیت از این مشکل، با به دست آوردن رتبه بندی واقعی تر میسر می سازد.

سازگاری روش PROMETHEE برای استفاده از اعداد فازی در ارزیابی های جایگزین، که در این کار استفاده می شود، در زیر ارائه شده است.

1. با فرض اینکه ارزیابی گزینه ها تحت معیار l به عنوان اعداد فازی مثلثی، تفاوت $d(a,b)$ بین ارزیابی دو

گزینه های a و b ، یک عدد مثلثی فازی (m, α, β) نمایش داده شده به صورت یک رتبه بندی [5] خواهد بود.

2. با آگاهی از این که انتخاب انجام شده توسط تصمیم گیرنده، از تابع اولویت که باید در هر معیار مورد استفاده

قرار گیرد، بستگی به نوع مسئله دارد، می تواند در نظر گرفت که در اکثر موارد، نوع تابع اولویت (با ناحیه خطی بی

تفاوتی) و یکی از با دقت ترین توابع است [3].

3. نوع معیار کلی V می تواند به صورت [6] بیان شود:

$$\tilde{P}(a,b) = \begin{cases} 0 & m - \alpha \leq 0 \\ \frac{(m, \alpha, \beta) - q}{p - q} & \text{se } q \leq m - \alpha \text{ e } m + \beta \leq p \\ 1 & m + \beta \geq p \end{cases} \quad (5)$$

4. مطابق با [4]، درجه مقایسه اولویت برای جایگزین های a و b ، با معیار f می تواند به صورت زیر تعریف شود:

$$\begin{aligned} P_j(\tilde{f}(a) - \tilde{f}(b)) &= P_j(\tilde{d}) \\ &= P_j((m, \alpha, \beta)_{LR}) \\ &= (P_j(m), (P_j(m) - P_j(m - \alpha)), (P_j(m + \beta) - P_j(m))) \end{aligned} \quad (6)$$

5. شاخص اولویت چندمعیاری به صورت زیر بیان می شود.

$$\tilde{\pi}(a,b) = \frac{\sum_{j=1}^k w_j \tilde{P}_j(a,b)}{\sum_{j=1}^k w_j} \quad (7)$$

اگر این وزن به عنوان مقدار دقیق در نظر گرفته شود، به صورت $(w_j, 0, 0)$ نمایش داده خواهد شد.

6. جریان ترک و جریان ورود، اعداد فازی مطابق با معادلات (8) و (9) به ترتیب می باشند.

$$\tilde{\Phi}^+(a) = \frac{\sum_{\substack{b=1 \\ b \neq a}}^n \tilde{\pi}(a, b)}{n-1} \quad (8)$$

$$\tilde{\Phi}^-(a) = \frac{\sum_{\substack{b=1 \\ b \neq a}}^n \tilde{\pi}(b, a)}{n-1} \quad (9)$$

7. جریان خالص، یک عدد فازی به دست آمده از طریق تفاوت بین جریان های ترک و ورود است.

$$\tilde{\Phi}(a) = \tilde{\Phi}^+(a) - \tilde{\Phi}^-(a) \quad (10)$$

در نهایت، رتبه بندی جایگزین های باید انجام شود. نتایج به دست آمده به صورت اعداد فازی ارائه می شوند مشکل اصلی در این مرحله، مقایسه اعداد فازی است.

مدل های مختلفی برای اعداد رتبه بندی فازی پیشنهاد شده اند. ما نمی توانیم بگوییم که یک مورد بهتر وجود دارد، زمانی که کفایت آنها وابسته به کاربرد است. یک پیشنهاد داده شده است که جریان خالص با استفاده از روش مرکز جرم [4] با توجه به معادله (11) زیر غیرفازی شود.

$$x_{defuz} = \frac{1}{3}(3m - \alpha + \beta) \quad (11)$$

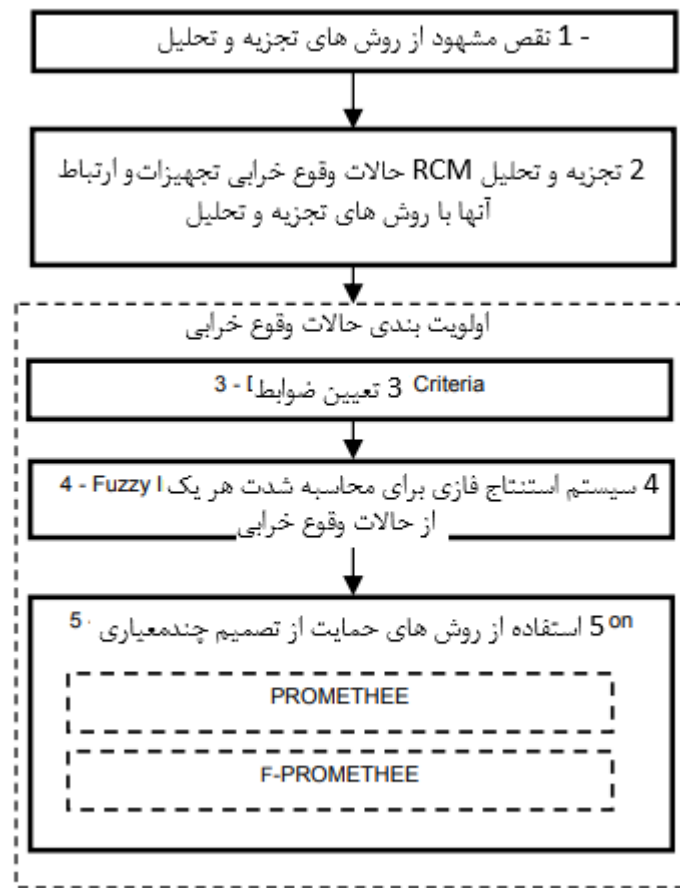
نتیجه غیر فازی سازی با استفاده از روش مرکز جرم، شاخص x_{defuzz} ، به عنوان شاخص [6] YAGER است. نماد \sim برای نمایش عدد فازی استفاده می شود.

۱۷. مدل تصمیم‌گیری مالتی

شکل 1 نشان دهنده مدل کامل ارائه شده در این کار است. مراحل 1 و 2 از مدل تصمیم‌گیری ارائه شده در شکل 1، بر اساس روش پیشنهاد شده توسط [7] [8] است.

در مرحله 1، شواهد نقص احتمالی که باید در تجهیزات تشخیص داده شود، شناخته می‌شوند. چنین شواهد از طریق روش‌های تجزیه و تحلیل مختلف به دست می‌آید که به عنوان ورودی، از متغیرهای ذخیره شده در یک پایگاه داده رابطه‌ای استفاده می‌کند.

همانطور که توسط [7] نشان داده شده است، هر یک از روش‌های تجزیه و تحلیل، در شناسایی نقص در یکی از تجهیزات خاص متخصص است، و این تجزیه و تحلیل، "درجه خطای G و "فاصله اطمینان در درجه خطای C" با مقادیر بین 0 و 1 را باز می‌گرداند.



شکل ۱- مدل تصمیم چندمعیاری

مقادیر G و C به دست آمده برای انواع مختلف نقایص که ممکن است به طور همزمان در تجهیزات رخ دهد به عنوان ورودی در مرحله 2 این مدل مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در مرحله 2، از طریق روند RCM، علل احتمالی (وقوع خرابی عملکردی + جزء + حالت وقوع خرابی) مربوط به نقایص برجسته شده با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مورد استفاده در مرحله 1 است.

هنگامی که علل ممکن برجسته شوند، روش توسعه یافته در این کار برای اولویت بندی حالات وقوع خرابی و برای کمک به تصمیم گیری در مدیریت نگهداری اعمال می شود.

به عنوان مفروضات اساسی برای این کار فرض می شود که فرایند RCM استفاده می شود و حالات وقوع خرابی قبلاً شناخته می شود. بنابراین، مراحل 1 و 2 از شکل 1، خارج از محدوده ی این کار است.

پس از شناسایی گزینه ها (حالت وقوع خرابی) از شواهد اختلال (نقص)، تعیین معیارهای مربوط به راه حل بیشتر این مسئله لازم است. این مورد در مرحله 3 از مدل نشان داده شده در شکل 1 مشهود است. این مرحله در بخش بعدی از این کار توضیح داده شده است.

A. تعیین معیارها

در مرحله 3، این مدل ضوابطی که باید برای تصمیم گیری استفاده شود را تعیین می کند، که حالات وقوع خرابی را ارزیابی می کند که بعداً در مرحله 5 با استفاده از روشهای چندمعیاری PROMETHEE و FPROMETHEE اولویت بندی می شود.

هفت معیارهای مورد استفاده در این مطالعه عبارت بودند از:

1. درجه وقوع از علت (GO) ؛
2. تایید علت درجه (CI) ؛
3. شدت اثرات اقتصادی (SE) ؛
4. شدت اثرات عملیاتی (SO) ؛
5. شدت ایمنی در زندگی انسان اثرات (SS) ؛
6. شدت اثرات زیست محیطی (SA) ؛
7. درجه خطر. (GR)

هر یک از این معیارها مستلزم آن است که یک متخصص پاسخ هایی را به سؤالات خاص با درجه از 0 تا 1، به صورت [9] پیوست نماید.

برای مرحله 4 از مدل نشان داده شده در شکل 1، یک سیستم استنباط فازی، برای به دست آوردن شدت کلی هر یک از حالات وقوع خرابی، اجرا شد. این سیستم به عنوان ورودی دارای شدت های SE، SO، SS و SA است و ورودی ها به عنوان معیارهای ارزیابی برای رتبه بندی حالات وقوع خرابی استفاده می شوند. شدت حاصل کلی برای

سیستم استنتاج فازی برای خطر ارزیابی حالات وقوع خرابی مورد استفاده قرار می گیرد. محاسبه درجه خطر (GR) برای هر یک از حالات وقوع خرابی بر اساس معادله (12) انجام می شود.

$$GR = GO \times S \quad (12)$$

آخرین مرحله از این مدل، مرحله 5، استفاده از روش تصمیم چندمعیاری PROMETHEE و FPROMETHEE برای رتبه بندی حالات وقوع خرابی است.

۷. سیستم استنتاج فازی

سیستم استنتاج فازی در مرحله 4 به عنوان هدف اصلی در حال به دست آوردن شدت کلی S برای هر حالت وقوع خرابی است. این سیستم با استفاده از جعبه ابزار منطق فازی [®] MATLAB ایجاد شد. متغیرهای ورودی، شدت تجزیه و تحلیل شده از جنبه های مختلف هستند و این شدت ها با عنوان معیارهای ارزیابی در مسئله اولویت بندی حالات وقوع خرابی استفاده می شود. شدت کلی برای محاسبه خطر مرتبط با هر حالت وقوع خرابی استفاده می شود. متغیرهای ورودی در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1. مدلسازی متغیرهای ورودی

| متغیرهای ورودی | عالم سخنرانی | مقادیر زبانی |
|-----------------------------------|--------------|-----------------|
| شدت تاثیر اقتصادی (SE) | 5-0 | کم، میانه، بالا |
| شدت تاثیر عملیاتی (SO) | 5-0 | کم، میانه، بالا |
| شدت ایمنی تاثیر زندگی انسانی (SS) | 5-0 | کم، میانه، بالا |
| شدت تاثیر محیطی (SA) | 5-0 | کم، میانه، بالا |

همانطور که قبلا ذکر شد، متغیر خروجی سیستم استنتاج فازی S، شدت کلی هر یک از حالات وقوع خرابی است. این متغیر، مقدار درجه را از 0 تا 1، فرض می کند که منعکس کننده شدت اثرات مختلف برای شرکت تاثیرات وقوع حالات وقوع خرابی است. مدل سازی این متغیر در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2- مدلسازی متغیر خروجی

| متغیرهای خروجی | عالم سخنرانی | مقادیر زبانی |
|----------------|--------------|--|
| شدت کلی (SG) | 1-0 | غیرمعنادار، مینیمال، حاشیه ای، بحرانی، فاجعه بار |

مجموعه ای از 81 قواعد زبانی فازی از دانش کارشناسان به دست آمد.

VI. کاربردهای روش های تصمیم گیری پشتیبانی

یک سیستم محاسباتی با استفاده از ++ builder C ، با روش های چندمعیاری

PROMETHEE F PROMETHEE اجرا شده است.

این سیستم دارای دو ماژول است. یک ماژول، اجرای روش PROMETHEE است که به عنوان خروجی، اولویت حالات وقوع خرابی مطابق با این روش فراهم می کند. ماژول دیگر، پیاده سازی F PROMETHEE است. نتایج ارائه شده توسط دو روش می تواند به طور همزمان مشاهده شود که تسهیل کننده مقایسه و ارزیابی نتایج است. پس از اینکه هر یک از این معیارها توسط تصمیم گیرنده تنظیم شود، این برنامه، اولویت بندی حالات وقوع خرابی را نشان می دهد. در روش PROMETHEE F- برای ارزیابی از گزینه های تحت هر معیار، اعداد فازی مثلثی استفاده می شوند.

ارزیابی حالات وقوع خرابی تحت درجه معیار GO وقوع به صورت عدد مثلثی فازی $(m, \alpha, \beta)_{LR}$ نمایش داده می شود که در آن:

m = ارزیابی حالت وقوع خرابی تحت معیار GO. این شاخص بین 0 و 1 نرمالسازی می شود.

$$\alpha = \begin{cases} error & \text{if } error \leq m \\ m & \text{if } error > m \end{cases} \quad \beta = \begin{cases} error & \text{if } error \leq 1-m \\ 1-m & \text{if } error > 1-m \end{cases}$$

این خطا نشان دهنده عدم قطعیت در مقدار این ارزیابی است و می تواند توسط اندازه گیری: خطا - $Cl. = 1$ بیان شود.

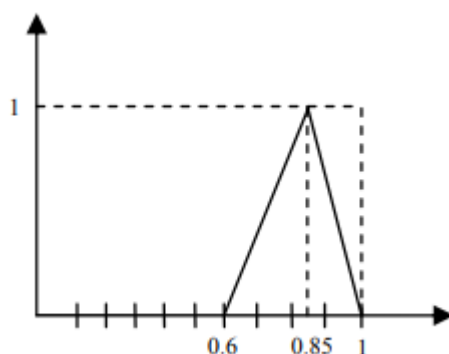
به عنوان مثال، شما می توانید برای یک حالت وقوع خرابی خاص، مقدار ارزیابی خود را تحت معیار GO که باید برابر با 0.85 باشد و مقدار ارزیابی خود تحت معیار CI که باید برابر با 0.75 باشد، تعریف نمایید. نمایندگی این ارزیابی از طریق $(m, \alpha, \beta)_{LR}$ برابر خواهد بود با:

$$m = 0.85; \text{error} = 1 - CI = 1 - 0.75 = 0.25$$

$$\text{Then, } \alpha = 0.25; \beta = 0.15.$$

نمایش گرافیکی عدد فازی $(0.85, 0.25, 0.15)_{LR}$ می تواند در شکل 2 دیده شود.

بنابراین، ماتریس شاخص اولویت های وزندهی شده برای هر جفت از گزینه های دیگر با توجه به معادله (7) محاسبه می شود. از این شاخص ها، جریان ترک، جریان ورود و جریان خالص برای هر جایگزین، محاسبه شده است همانطور که در معادلات (8)، (9) و (10) نشان داده شده است. این جریان های نیز اعداد مثلثی فازی هستند.



شکل 2 - نمایندگی شماره فازی $(0.85, 0.25, 0.15)_{LR}$

گزینه های مرتبه بندی از طریق جریان خالص، در این مورد، باید با استفاده از روشی صورت گیرد که رتبه بندی اعداد فازی را میسر می سازد. این روش استفاده شده، برای مرتب سازی بر اساس شاخص YAGER، معادله (11). شکل 3 نشان دهنده یک صفحه نمایش از برنامه توسعه یافته در ++C Builder و یک نمونه از سفارش توسط FPROMETHEE است. جریان خالص و شاخص Yager برای هر یک از جایگزین ها نیز نشان داده شده است.

| Alternativa | S1 | S2 | S3 | S4 | S6 |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| a1 | (0.85,0.85,0.15) | (1.00,1.00,0.00) | (0.20,0.20,0.80) | (0.50,0.50,0.50) | (1.00,0.65,0.00) |
| a3 | (1.00,1.00,0.00) | (0.70,0.70,0.30) | (0.85,0.85,0.15) | (0.90,0.90,0.10) | (0.25,0.25,0.75) |
| a5 | (1.00,1.00,0.00) | (1.00,1.00,0.00) | (0.90,0.90,0.10) | (0.80,0.80,0.20) | (0.17,0.17,0.68) |
| a10 | (0.85,0.85,0.15) | (1.00,1.00,0.00) | (0.90,0.90,0.10) | (1.00,1.00,0.00) | (0.13,0.13,0.63) |
| a4 | (0.25,0.25,0.75) | (0.95,0.95,0.05) | (0.10,0.10,0.90) | (0.30,0.30,0.70) | (1.00,0.65,0.00) |
| a6 | (0.85,0.85,0.15) | (0.30,0.30,0.70) | (0.70,0.70,0.30) | (1.00,1.00,0.00) | (0.17,0.17,0.66) |
| a7 | (0.85,0.85,0.15) | (0.40,0.40,0.60) | (1.00,1.00,0.00) | (0.70,0.70,0.30) | (0.14,0.14,0.68) |
| a9 | (0.85,0.85,0.15) | (0.85,0.85,0.15) | (1.00,1.00,0.00) | (0.20,0.20,0.80) | (0.14,0.14,0.72) |
| a2 | (0.50,0.50,0.50) | (0.50,0.50,0.50) | (0.20,0.20,0.80) | (0.20,0.20,0.80) | (1.00,0.65,0.00) |
| a8 | (1.00,1.00,0.00) | (0.20,0.20,0.80) | (0.10,0.10,0.90) | (0.80,0.80,0.20) | (0.11,0.11,0.72) |

Figure 3 – Order established by F-PROMETHEE

شکل 3 - سفارش ایجاد شده توسط F-PROMETHEE

با هدف نشان دادن استفاده از مدل توسعه یافته، یک فرآیند RCM برای زیرسیستم بخش فعال ترانسفورماتورهای قدرت توسعه یافت. بخش فعال ترانسفورماتورهای قدرت می تواند به عنوان مهم ترین بخش در آن تجهیزات در نظر گرفته شود، زیرا بیشتر حالات وقوع خرابی می تواند در دسترس نبودن تجهیزات را ایجاد نماید یا انفجار در این زیر سیستم رخ دهد.

ترانسفورماتور مورد استفاده برای مطالعه موردی ارائه شده در زیر متعلق به شرکت برزیلی Eletronorte و در نیروگاه توان (UHE[10] Tucuruís) DianE System . به عنوان مرجع برای فهرست علل احتمالی استفاده می شود که باید توسط روش های PROMETHEE و F-PROMETHEE اولویت بندی شود.

A. مطالعه موردی: ترانسفورماتور 58،599

برای عیب یابی قسمت فعال ترانسفورماتور 58،599، نتایج آزمون کروماتوگرافی گاز به سیستم DianE اضافه شد. سیستم DianE، به عنوان خروجی، نشانه ای از گرمایش بیش از حد را در رساناهای ترانسفورماتور (SC) نشان داد و درجه نقص 0.70، با سطح اطمینان برابر با 0.76 (در یک مقیاس 0-1) بود. هیچ مشکلی به طور مستقیم مرتبط با

قوس الکتریکی (EA) و تخلیه جزئی (PD) نشان داده نشد. نتایج برای درجه (SC) و فاصله اطمینان آن از ادغام چهار روش تجزیه و تحلیل: ABNT, Dornenburg, Rogers و IEC60599 حاصل شد.

از این شواهد نقص، سیستم Diane از فرایند RCM برای ارائه عیب یابی این تجهیزات و ارائه یک لیست رتبه بندی از علل احتمالی مرتبط با شواهد نقص نشان داده شده استفاده می کند. این لیست از علل باید اولویت بندی شود تا به مدیران نگهداری در تصمیم گیری کمک نماید. این سیستم نمایش دهنده لیستی از علل اولویت بندی شده با در نظر گرفتن بزرگترین GO X S (ریسک) است که برای اولین بار توسط سیستم Diane انجام شد. در مورد مقادیر برابر ریسک، این سیستم به ترتیب توسط بزرگترین CI، S و GO اولویت بندی می شود.

نیاز به یک روش که مرتبه بندی ارزیابی را در تمام معیارها به طور همزمان در نظر می گیرد، منجر به مدل پیشنهاد شده در این کار می شود. روش PROMETHEE و FPROMETHEE برای رسیدن به این هدف استفاده می شود. لیستی از علل احتمالی شناسایی شده و اولویت بندی شده توسط سیستم Diane برای نقص (SC) مورد مطالعه در جدول 3 ارائه شده است. فقط موارد مرتبه بندی شده در موقعیت های بالا، نشان داده شده اند. لیست کامل را می توان در [9] دید.

جدول 3. علل اولویت بندی شده توسط سیستم Diane

| | علل | | |
|---|------------------------|----------------------------|--|
| | حالت وقوع خرابی | جزء | وقوع خرابی عملکردی |
| 1 | اتصال ضعیف الکتریکی | بوشینگ ها رابط / قطعه فعال | افزایش دما در مخزن روغن و سیم پیچی ها |
| 2 | ثبیت ضعیف | شیرها | افزایش دما در مخزن روغن و سیم پیچی ها |
| 3 | روغن بلوک شده کانال ها | سیم پیچ/کویل | تنزل حرارتی تسریع شده برای ورقه عایق رخ داده با جریان های زیر مقدار مشخص شده |
| 4 | طراحی اولیه ضعیف | سیم پیچی | افزایش دما در مخزن روغن و سیم پیچی ها |

| | | | |
|----|--|---------------------------|-------------------------------------|
| 5 | افزایش دما در مخزن روغن و سیم پیچی ها | سیم پیچی | طراحی اولیه ضعیف |
| 6 | گرمایش بیش از حد بالای سطح (به علت شار پراکندگی ماگنتیک) | هسته | ناتوانی در عایق نمودن پیچ های تثبیت |
| 7 | اتصال الکتریکی ضعیف یا اتصال مکانیکی ضعیف | بوش رابط/قطعه فعال | مشکل نصب |
| 8 | کاهش عایق واقع در یک فعال | بوش رابط/قطعه فعال | اتصال ضعیف سیم پیچ ها |
| 9 | کاهش عایق واقع در یک فعال | عایق کاری سالم (ورق+روغن) | جذب ورق عایق |
| 10 | هر حرکتی را در جریان الکتریکی مجاز نسازید | انحراف کلیدی نامحدود | قطع کلی اتصالات |

لازم به ذکر است که تنها مقادیر S ، CI ، GO * S و GO در حال حاضر توسط سیستم Diane استفاده می شوند . مقدار S مربوط به یک تخمین کلی داده شده توسط متخصص است. برای بهبود این برآورد، معیار S به معیارهای مختلف، SE ، SO ، SS ، SA ، توسط کارشناسان فردی مطابق با این تفاسیر در جداول برآورد 4 تا 6 تجزیه شد. بنابراین، از طریق ارزیابی هر یک از علل معیار SE ، SS و SA ، سیستم استنتاج فازی برای بدست آوردن شدت کلی، SG مورد استفاده قرار می گیرد.

با توجه به مجموعه ای از حالات وقوع خرابی، گام بعدی در مطالعه موردی، تجزیه و تحلیل حساسیت با استفاده از روش های $PROMETHEE$ و $F-PROMETHEE$ برای مرتب کردن فهرست علل بود.

B. تجزیه و تحلیل حساسیت

با استفاده از برنامه کامپیوتری توسعه یافته در این کار، تجزیه و تحلیل حساسیت با استفاده از روش های مختلف ترکیبی از معیارها صورت گرفت. این برنامه اجازه می دهد تا پیکربندی آسان ترکیب معیارهای مختلف صورت گیرد . همه معیارها با وزن مساوی در نظر گرفته شدند و تابعی از اولویت نوع III، با توجه به Brans و

همکاران (1986)، $p = 1$ مورد استفاده قرار گرفت. جداول 4 تا 6 ترکیبی متفاوت از معیارهای استفاده شده را در هر روش برای تجزیه و تحلیل حساسیت را نشان می دهد.

جدول 4. مدل های 1 و 2

| مدل 1 | مدل 1 |
|-----------------|------------------|
| روش: DianE | روش: DianE |
| GO | GO |
| CI | CI |
| ریسک = $GO * S$ | ریسک = $GO * SG$ |

جدول 5- مدل های 3 و 4

| مدل 3 | مدل 4 |
|-----------------|------------------|
| روش: PROMETHEE | روش: PROMETHEE |
| GO | GO |
| CI | CI |
| ریسک = $GO * S$ | ریسک = $GO * SG$ |

جدول 6- مدل های 5 و 6

| مدل 5 | مدل 6 |
|--------------------------|--------------------------|
| روش: PROMETHEE | روش: F-PROMETHEE |
| GO | GO |
| CI | - |
| ریسک اقتصادی = $GO * SE$ | ریسک اقتصادی = $GO * SE$ |
| ریسک عملیاتی = $GO * SO$ | ریسک عملیاتی = $GO * SO$ |
| ریسک امنیتی = $GO * SS$ | ریسک امنیت = $GO * SS$ |
| ریسک محیطی = $GO * SA$ | ریسک محیطی = $GO * SA$ |

جدول 7 نشان دهنده رتبه بندی به دست آمده با استفاده از روش های شرح داده شده در جدول 4 تا 6 است؛ مدل 1 (سیستم DianE) به عنوان مرجع برای مرتبه بندی جایگزین ها استفاده می شود.

یک ارزیابی کامل از نتایج حاصل از جدول 7، با مزایا و معایب هر یک از مدل ها را می توان در [9] دید.

جدول 7- مرتبه بندی علل به دست آمده- مدل های 1,2,3,4,5 و 6

| مدل 1 | مدل 2 | مدل 3 | مدل 4 | مدل 5 | مدل 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 13 |
| 3 | 5 | 14 | 14 | 9 | 1 |
| 4 | 4 | 3 | 4 | 10 | 10 |
| 5 | 3 | 4 | 5 | 13 | 2 |
| 6 | 6 | 5 | 3 | 8 | 8 |
| 6 | 10 | 6 | 10 | 11 | 11 |
| 8 | 8 | 7 | 8 | 12 | 12 |
| 9 | 9 | 8 | 9 | 4 | 17 |
| 10 | 11 | 9 | 11 | 5 | 18 |

C. تجزیه و تحلیل نتایج

عکس های ارائه شده در شکل 4 (a, b) از ترانسفورماتور مورد مطالعه قرار گرفته حاصل شد زمانی که برای نگهداری و تعمیر در [10] باز شد.

می توان از جدول 3 دید که علت ذکر شده به صورت 1 می تواند حالت وقوع خرابی مشخص شده در شکل 4a را تایید نماید. علاوه بر این، علت ذکر شده به صورت 2 نشاندهنده حالت وقوع خرابی نشان داده شده در شکل 4b است.. این علل، به عنوان اولویت های تعمیر و نگهداری در مدل های 1,2,3,4 و 5 به نظر می رسند.



شکل 4 (a,b) جزئیات ذغال کک سازی، خوردگی و هم جوشی در ارتباط اتصال های با ترمینال های AT

همین علل در مدل 6 در جایگاه سوم و پنجم در لیست به نظر می رسد. این اتفاق به این علت می افتد که مدل 6 دقت داده ها را در نظر گرفته است، به طوری که داده ها را با عدم قطعیت بالا، بیشتر در رابطه با دیگران با عدم قطعیت کمتر اولویت بندی می شوند.

شکل 4 نشان می دهد که لیستی از علل شناخته شده مدیران نگهداری را به به شناسایی صحیح علل مشکل هدایت می کند. در واقع، تا لحظه باز کردن تجهیزات توسط انجام بازرسی های دقیق، آنچه برای نگهدارنده در دسترس است، یک لیست رتبه بندی شده از امکاناتی است که باید به عنوان راهنما به منظور تسهیل شناسایی نهایی مشکل و تعریف از مناسب ترین اقدامات اصلاحی استفاده شود.

بنابراین، این مدل پیشنهاد شده، یک سیستم خوب عیب یابی است که قادر به قرار دادن حالات وقوع خرابی واقعی برای رسیدن به تجهیزات در زیر مجموعه ای از گزینه های نزدیک به بالای لیست در جدول 7 نشان داده شده است.

VIII. نتیجه گیری

هدف از انجام این کار، پیشنهاد استفاده از پشتیبانی چندمعیاری از تصمیم گیری برای اولویت بندی حالات وقوع خرابی، شناسایی شده با استفاده از فرایند RCM، در طول عیب یابی تجهیزات برق است.

دو مدل بر اساس به کارگیری روش PROMETHEE و F-PROMETHEE ارائه شد. در کنار استفاده از این روش ها، سیستم استنباط فازی، برای محاسبه شدت هر یک از حالات وقوع خرابی، نیز توسعه یافت. این روش مقایسه و ارزیابی حساسیت را در میان مدل های پیشنهادی و برخی از انواع ممکن که برای مدل در حال حاضر مورد استفاده قرار گرفته در سیستم Diane، اعمال می شود، میسر ساخت که به عنوان مرجع در دسترس در نظر گرفته می شود. روش استفاده از روش PROMETHEE، همراه با مدل استنتاج برای محاسبه شدت SG (مدل 4) به عنوان یک ابزار که می تواند برای اولویت بندی حالت وقوع خرابی تحت معیارهای مختلف ارزیابی استفاده شود، ثابت شده است. یک مطالعه انجام شده در مورد عمل ترانسفورماتور نشان داد که استفاده از این مدل کاملاً رضایت بخش است. انعطاف پذیری PROMETHEE که به کاربر اجازه می دهد تا به راحتی وزن های مختلف را به معیارهای از این روش اختصاص دهد، باعث می شود این روش به عنوان یک ابزار برای کمک به عیب یابی تجهیزات، بسیار جالب توجه باشد. با استفاده از مدل پیشنهادی، تصمیم گیرندگان مختلف می توانند رتبه بندی های مختلف مناسب برای منافع اصلی خود را به دست آورند. این در مورد عیب یابی صورت گرفته در شرکت ها با مشخصات مختلف از پذیرش خطر وجود دارد. ثابت شده است که روش F-PROMETHEE حساس ترین روش به موضوع پرداخت مناسب عدم

قطعیت است که با دادن لیستی از نزدیکترین موارد می تواند یک واقعیت باشد در صورتی که داده ها دارای ابهامات بسیاری باشند.

REFERENCES

- [1] MOUBRAY, J. (2000) *Manutenção Centrada em Confiabilidade*. Aladon Ltd. Lutterworth.
- [2] GARCIA, P. A. A. (2006) *Uma Abordagem fuzzy com Envolvimento de Dados da Análise dos Modos e Efeitos de Falha*. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ (in Portuguese).
- [3] BRANS, J. P.; MARESCHAL, B.; VINCKE, P. (1986) How to select and how to rank projects: The PROMETHEE Method. *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238.
- [4] GELDERMANN, J.; SPENGLER, T.; RENTZ, O. (2000) Fuzzy Outranking for Environmental Assessment. Case Study: Iron and Steel Making Industry. *Fuzzy Sets and Systems*, 115, 45-65.
- [5] DUBOIS, D. and PRADE, H. (1978) Operations on Fuzzy Numbers. *International Journal of Systems Science*, v.9, n. 06, 613-626.
- [6] GOUMAS, M.; LYGEROU, V. (2000) An Extension of the PROMETHEE Method for Decision Making in Fuzzy Environment: Ranking of Alternative Energy Exploration Projects. *European Journal of Operational Research*, 123, 66-613.
- [7] DUPONT, C. J. (2003) *Integração de Análises de Defeitos e Definição de um Grau de Risco Global para Transformadores de Potência*. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ (in Portuguese).
- [8] DUPONT, C. J. (2006) Defect Analysis Integration for Effective Management of Substation Equipment. In: *CMD 2006 - International Conference of Condition Monitoring and Diagnosis, 2006, Changwon*.
- [9] MOREIRA, M.P. (2009) *Priorização dos Modos de Falha de Equipamentos Utilizando os Métodos de Análise Multicritério PROMETHEE e Fuzzy PROMETHEE*, M.Sc Thesis, PUC-RJ (in Portuguese).
- [10] NASCIMENTO, L. F. A.; SANTOS, C. C.; SILVA, J. S.; DUPONT, C. J.; MOREIRA, M. P.; DUCHARME, C.; CUENCA, W. M. H.; MATA, C. G.; BARROS, R. A. L.; LAM, K. C.; JUNQUEIRA, A. J.; VERDOLIM, R. T. (2007) *Desenvolvimento de Metodologias para a Integração do Diagnóstico de Defeitos de Transformadores de Potência*. IV Citenel, Araxá, MG (in Portuguese).