2ND. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT & INDUSTRIAL ENGINEERING
ISTANBUL - TURKEY 18 March 2016
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و مهندسی صنایع
استانبول - ترکیه ۲۸ اسفند ماه ۱۳۹۴

مدلسازی عدم قطعیت در تعمیر و نگهداری

بر پایه قابلیت اطمینان با استفاده از یك روش احتمالی

نیلوفر غفاری صومعه

دانشجوی دکتری مهندسی صنایع گرایش مهندسی سیستم و تحقیق در عملیات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران

Niloufar.ghaffari.s@gmail.com

سارا افشار

دانشجوی کارشناسی اشد مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران

Sara_afshar1368@yahoo.com

دلارام رحمانی

دانشجوی کارشناسی اشد مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران

Delaram_rahmani11@yahoo.com

مهسا برخورداری

دانشجوی کارشناسی اشد مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران

Sonia.barkhordary@gmail.com

یاسمن غفاری صومعه

کارشناس ارشد مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی گرایش اقتصاد دانشگاه خوارزمي تهران

Yasaman.ghaffari@yahoo.com

محمدرضا علیزاده

Archive of SID

www.SID.ir

2ND. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT & INDUSTRIAL ENGINEERING
ISTANBUL - TURKEY 18 March 2016
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و مهندسی صنایع
استانبول - ترکیه ۲۸ اسفند ماه ۱۳۹۴

دانشجوی کارشناسی اشد مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران
Alizadeh.mr@srbiau.ac.ir

چکیده:

در این مقاله در ارتباط با عدم قطعیت در تصمیم گیری برای تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) را مورد بحث قرار می دهیم. این ابهامات ممکن است در بسیاری از کاربردهای عملی غیرقابل قبول باشد و منجر به استراتژی های نگهداری غیربهینه شود که نشان خواهیم داد که روش جایگزین برای عدم قطعیت مشخص این نقص را برطرف می کند. در ادامه با تحلیل و بررسی این مدل به دنبال بهترین استراتژی تعمیر و نگهداری خواهیم رسید که به این منظور از مثالهای کاربردی مختلف به همراه مدل سازی ریاضی خواهیم پرداخت.

واژگان کلیدی: تعمیر و نگهداری براساس قابلیت اطمینان؛ تصمیم گیری؛ روش احتمالی

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

تعمیر و نگهداری براساس قابلیت اطمینان (RCM) اولین بار در صنعت هواپیما معرفی شد و در دوران اخیر نیز در بسیاری از شاخه های صنایع با موفقیت قابل توجهی به کار رفته است. بخش ۲ به توضیح مختصر این روش می پردازد. سیستم ساده آشکارساز و اطفای حریق نیز معرفی می شود. از این سیستم به عنوان مثال در مقاله استفاده می شود.

انتخاب «بهترین استراتژی تعمیر و نگهداری» یکی از نکات اصلی RCM است. با این وجود تصمیم گیری می تواند به دلیل وجود سوالات بی جواب دشوار باشد. به عنوان مثال ممکن است به این پرسش که آیا یک جزء می تواند حیاتی باشد یا خیر به راحتی نتوان با «بله» یا «خیر» پاسخ داد. این موضوع در بخش ۳ بحث و روش جایگزین نیز ارائه می شود. تحلیل اینکه چگونه عدم قطعیت تصمیم اولیه به عدم قطعیت استراتژی منتقل می شود نیز ارائه شده و مشخص می کند در چه مواردی اثر عدم قطعیت حائز اهمیت می شود. در بخش ۴ روش جدید برای سیستم آشکارساز حریق به کار می رود و سیستم اطفای حریق در بخش ۲ معرفی می شود.

۲- روش RCM

www.SID.ir

موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی (EPRI)، RCM را به عنوان روشی برای بررسی سیتماتیک عملکرد سیستم، شرایط شکست کارکرد و بررسی مبتنی بر اولویت ایمنی و اقتصاد تعیین کننده وظایف قابل اجرا و موثر تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM) تعریف می کند.

تحلیل RCM به چهار بخش اصلی تقسیم می شود. تقسیم بندی و معرفی RCM در اینجا نسبتا کلی است. برای راهنمایی دقیق تر به رفرنس های [۱،۴،۶] مراجعه کنید.

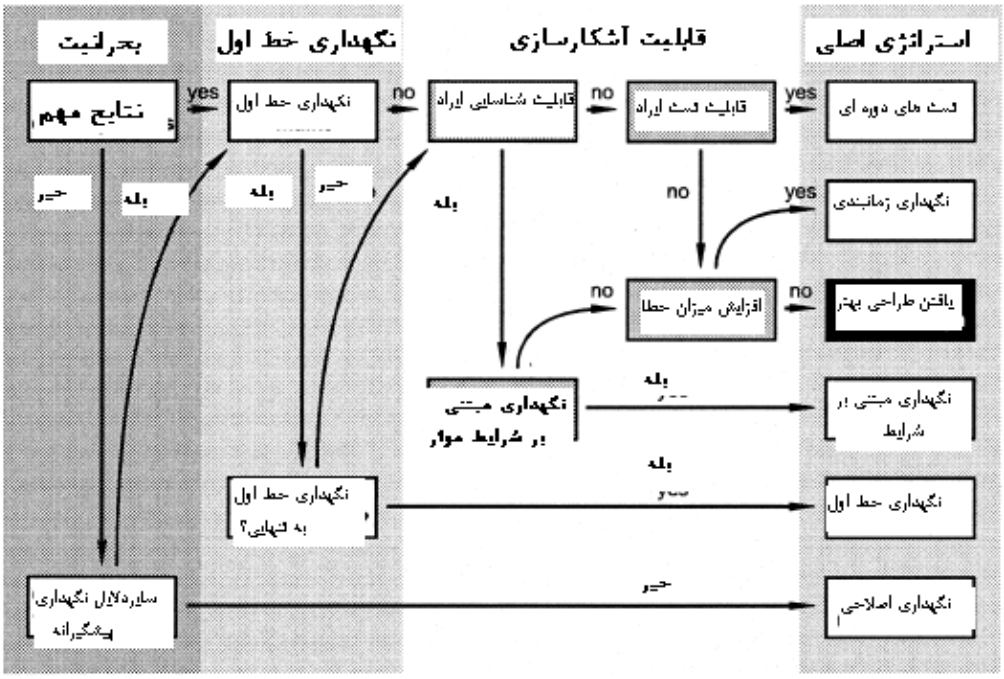
آماده سازی: گروه مطالعه تشکیل و مستندات سیستم تهیه شده باید از جمع آوری داده های مهم سیستم و اجزاء آغاز کرد.

تحلیل سیستم: این قسمت پرکارترین بخش کل تحلیل است. کارکرد سیستم به چند کارکرد فرعی در سطح مطلوب اجزائ تفکیک می شود. سپس اجزاء با تحلیل بحرانیت حالت شکست و اثرات آن (FMECA) آنالیز می شوند- روشی که برگرفته از آنالیز ریسک و قابلیت اطمینان است. کل اطلاعات اجزاء مربوطه باید توسط گروه مطالعه (متخصص) با این فرم جمع آوری شود.

تصمیم گیری: اصلاح اصلی تحلیل FMECA شامل اطلاعات تسهیل کننده انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری بهینه است که معمولا با نمودار تصمیم انجام می شود. بسیاری از نمودارهای مختلف تصمیم گیری به منظور استفاده در آنالیز RCM پیشنهاد می شوند. برای نمایش روش احتمالاتی، نمودار تصمیم (شکل ۱) که بسیار شبیه نمودارهای مورد استفاده در DNV و MARINTEK [۳،۷] هستند انتخاب شدند. توجه کنید که دیاگرامی انتخابی نه لزوما کامل است و نه همیشه قابل کاربرد. باید در مورد سوالات زیر تصمیم گیری شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمودار تصمیم RCM [۳،۱] که به عنوان مثال در این مقاله به کار رفته است.

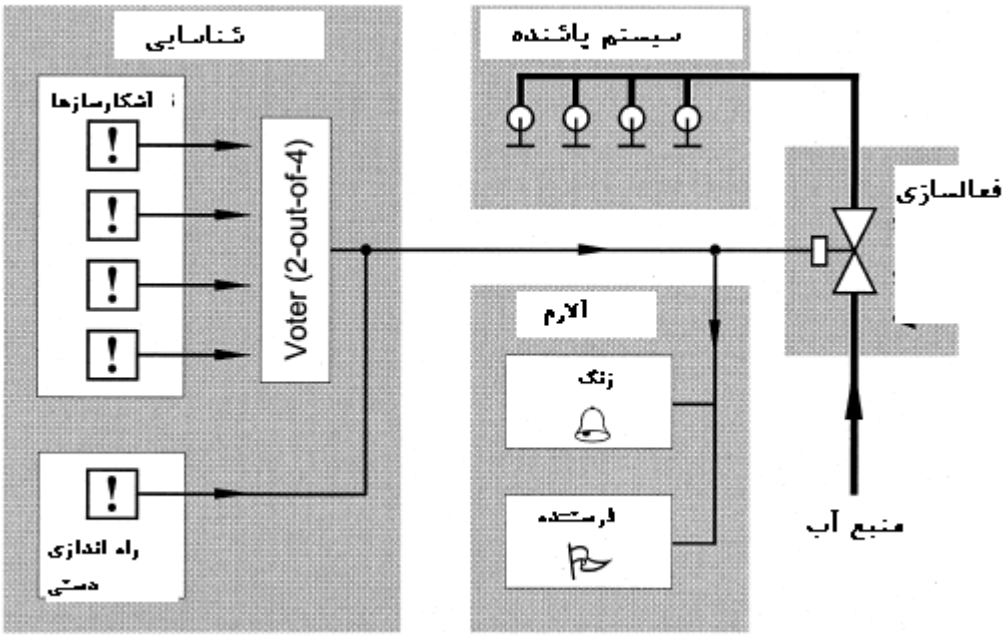
نتایج قابل توجه: آیا خرابی اجزاء حاکی از کاهش عملکرد سیستم است؟ دلایل دیگر برای نگهداری پیشگیرانه : در بیشتر موارد استراتژی های نگهداری پیشگیرانه گران تر از نگهداری اصلاحی است. آیا دلایل دیگری برای ارائه روش نگهداری پیشگیرانه به صرفه وجود دارد؟ **تعمیر و نگهداری اولیه خط:** آیا اپراتور می تواند نظارت و نگهداری آنلاین (برخط) انجام دهد؟ **نگهداری اولیه خط به تنهایی:** آیا نگهداری اولیه خط موثر و کارامد است؟ **نگهداری مبتنی بر شرایط موثر:** آیا روش هایی برای کنترل موثر شرایط وجود دارد، به طوری که بتوان از نقص اجزاء جلوگیری کرد؟ **افزایش نرخ خرابی:** آیا مکانیزم کهنگی (بله) یا گرایشی که اجزاء جدید نقص بیشتری نسبت به اجزاء قدیمی نشان می دهند وجود دارد؟

توجه کنید که استراتژی نگهداری که «طراحی بهتری می یابد» باید با این نشان تفسیر شود که استراتژی نگهداری معناداری نمی توان یافت. به عنوان مثال بسیاری از استراتژی های نگهداری پیشگیرانه فقط در صورتی که مکانیسم شکست مستهلک در قطعه وجود داشته باشد منطقی به نظر می رسند. اگر قطعه بحرانی باشد هیچ مکانیسم شکست مستهلک وجود نداشته باشد باعث بروز ناهمخوانی می شود و مشکل را فقط از طریق طراحی بهتر

Archive of SID

www.SID.ir

می توان حل کرد. استراتژی نگهداری حاصل از پاسخ به پرسش های منطق طراحی غالبا «استراتژی پیشنهادی» نامیده می شود تا نشان دهد همیشه با استراتژی اجرایی نهای یکسان نیست.



شکل ۲- سیستم آشکارساز و اطفای حریق

برای انتخاب استراتژی نگهداری، یافتن پاسخ مناسب برای سوالات بسیار حیاتی است. همان طور که در زیر بحث شد ممکن است وظیفه دشواری باشد.

اجرا و بازخورد: درنهایت برنامه نگهداری باید اجرا شود و بازخورد از تجربه عملیات و داده های جدید باید برای بهبود مستمر برنامه به کار رود.

مثالی که در این مقاله استفاده خواهیم کرد سیستم ساده آشکارسازی و اطفای حریق است. نمودار بلوکی سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است.

وقوع آتش سوزی معمولا با چهار آشکارساز دود که سیگنال به ووتر ارسال می کند شناسایی می شود. اشخاصی که در این حوزه کار می کنند می توانند حریق را شناسایی کنند و دستگاه آشکارساز دستی را به کار اندازند. هرزمان که دو آشکارساز از چهار آشکارساز یا تحریک دستی سیگنال آشکارسازی ارسال می کند، ووتر سیگنال هشدار می فرستد. سیگنال هشدار از طریق زنگ خطر (عمدتا برای ایمنی شخصی) به وسیله فرستنده هشدار به

Archive
www.SID.ir

تشکیلات حریق محلی و از طریق فعالسازی شیر اصلی سیستم آبپاش پردازش می شود. اگر شیر اصلی فعال شده باشد، سیستم آبپاش با آب پر می شود، ولی هر آبپاش فقط زمانی فعال می شود که دمای ناحیه تا بالای نقطه بحرانی افزایش یابد، به طوری که فیوز داخلی بپرد (سیستم پیش اقدام). کارکردهایی از سیستم که عمدتا مورد بررسی قرار می گیرند «شناسایی حریق» و «هشدار غیرکاذب» هستند.

در شکل ۲ مستطیل های خاکستری و سفید کارکرد و کارکردهای فرعی را نشان می ده. اجزاء (آشکارسازها، شیر فعالسازی، ...) باید با FMECA تحلیل شود. برخی از جزئیات این تحلیل به بخش ۴ معوق خواهد شد.

۳- RCM احتمالی

همان طور که در بالا بیان شد فرایند تصمیم گیری برای موثر بودن برنامه نگهداری حاصل تعیین کننده است. با این وجود در اینجا مشکلی که به وجود می آید این است که غالبا برای پاسخ «بله/خیر» در موارد عملی مناسب نیست. به عنوان مثال این سوال را بررسی کنید که آیا یکی از آشکارسازها در سیستم دو از چهار تعیین کننده است یا خیر. به عنوان مثال ارزیابی بحرانی بودن برای کاربرد در تحلیل RCM ممکن است با قضاوت تخصصی عینی یا با تخمین موقعیت کارکرد براساس ماتریس ریسک ازپیش تعیین شده اجرا شود [۲]. در هر مورد تمایز مشخصی میان کارکردهای «بحرانی» و «غیربحرانی» وجود ندارد. به علاوه این سوال که آیا نرخ شکست برخی کارکردها (مانند شیر فعالسازی در زمان نیاز باز است)ممکن است افزایشی نامیده شود تاحدی عینی است. اگر در مورد اینکه پاسخ «بله» یا «خیر» تصمیم درستی است تردید زیادی وجود داشته باشد، بهتر است «این تردید کمینه شده» و روشی یافته شود که منتج به توصیه های وزنی برای انتخاب استراتژی نگهداری شود. همچنین ممکن است احساس شود برای متخصص دادن پاسخ «بله درصدی» متقاعدکننده تر باشد تا اینکه مجبور شود بگوید «بله» یا «خیر». اگر اجرا در برنامه های نگهداری موجود راحت تر باشد، توصیه های وزندار حاصل شامل امکان انتخاب استراتژی «گزینه مناسب» به جای بهترین استراتژی می شود.

در گام اول به سمت گنجاندن عدم قطعیت در RCM، نمودار نشان داده شده در شکل ۱ به درخت رویداد تبدیل می شود. درخت حاصل در شکل ۳ نشان داده شده که متشکل از هشت نقطه انشعاب متناظر با تصمیمات ورودی مورد بحث

Archive of SID
www.SID.ir

در بخش قبلی و شش رویداد حاصل متناظر با استراتژی های نگهداری بخش قبلی است. تصمیمات سنتی «بله/خیر» متغیرهای تصادفی Xi با Xi =۱ می شود اگر تعداد پرسش i (i=۱،...،۸) با «خیر» پاسخ داده شود. مقدار مورد انتظار برای پرسش Xi، pi نامیده می شود که این احتمال را نشان می دهد که برخی متخصصان به تعداد سوال i پاسخ «بله» خواهند داد. متغیر pi را می توان به صورت درجه باور متخصص تفسیر کرد که «بله» تصمیم درست است. به طریق دیگر pi نیز ممکن است به عنوان مقدار متوسط برای عدد تصمیم i حاصل از پرسش از بسیاری از متخصصان در مورد همان سیستم تفسیر شود. از نقطه نظر آماری pi مقدار مورد انتظار متغیر تصمیم توزیع شده دوجمله ای X_i با X_i=1 (بله) یا ۰ (خیر) را نشان می دهد.

مقدار ورودی برای اتخاذ تصمیم نگهداریاکنون با بردار ۸ عدد حقیقی (p_1, p_2, p_3,...) بین ۰ و ۱ به جای بردار «بله/خیر» داده می شود. مجموع تمام Pi به شکل برداری نشان داده می شود: $(p_1, p_2,...)= \mathbf{p}$

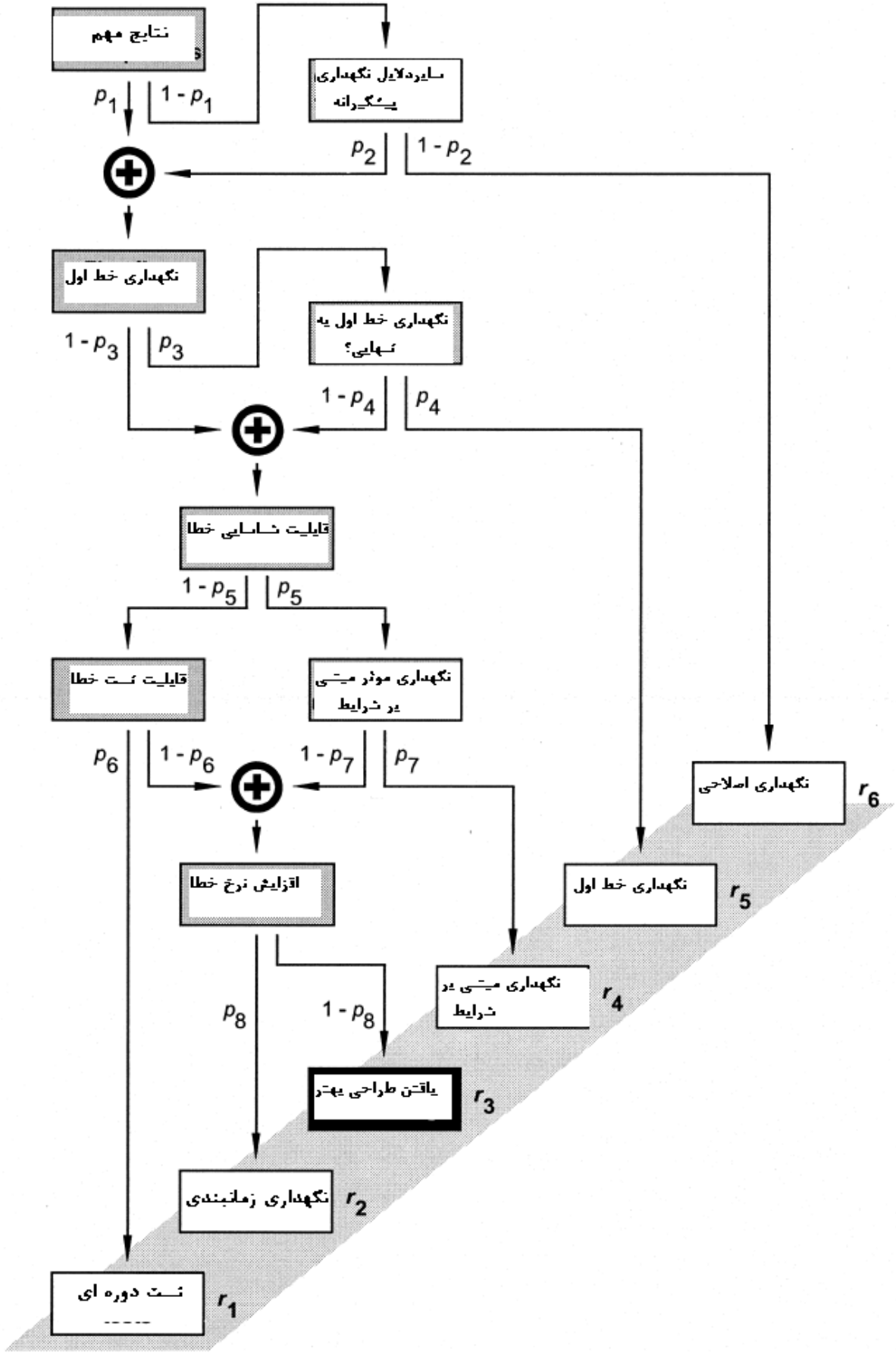
متناظرا به جای یک تصمیم تکین، نتیجه برداری از شش عدد می شود (r_1, r_2,..., r_6)=**r** که طیف استاتژی های مختلف نگهداری را تعریف می کند. المان های **r** با روش درخت رویداد استاندارد محاسبه می شوند که با رابطه زیر منتج می شود:

$$
\begin{aligned}
r_1 &= (p_1 + q_1p_2)(q_3 + p_3q_4)q_5p_6 \\
r_2 &= (p_1 + q_1p_2)(q_3 + p_3q_4)(q_5q_6 + p_5q_7)p_8 \\
r_3 &= (p_1 + q_1p_2)(q_3 + p_3q_4)(q_5q_6 + p_5q_7)q_8 \\
r_4 &= (p_1 + q_1p_2)(q_3 + p_3q_4)p_5p_7 \qquad r_5 = (p_1 + q_1p_2)p_3p_4 \\
r_6 &= q_1q_2 \qquad\qquad (1)
\end{aligned}
$$

که $q_i = 1 - p_i$ and $\sum_{k=1}^{6} r_k = 1$.

Archive of SID

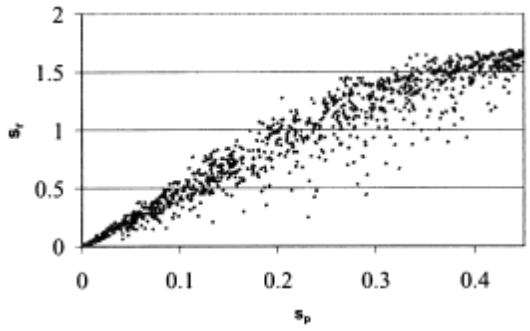
www.SID.ir


نتایج مهم
p_1
$1 - p_1$
p_2
$1 - p_2$
نگهداری خط اول
$1 - p_3$
p_3
$1 - p_4$
p_4
قابلیت نت خطا
$1 - p_5$
p_5
قابلیت نت خطا
p_6
$1 - p_6$
$1 - p_7$
p_7
اقزایش نرخ خطا
p_8
$1 - p_8$
نگهداری اصلاحی
r_6
نگهداری خط اول
r_5
r_4
r_3
r_2
r_1

www.SID.ir

شکل ۳- ساختار درخت رویداد RCM همراه با احتمالات مربوط

توجه کنید اجبار به پاسخ «بله/خیر» از سوی متخصص در زمانی که تصمیم گیری واضح نیست باعث پیشنهاد استراتژی غیربهنیه می شود. این واقعیت ممکن است با تجربه زیر نشان داده شود. تصور کنید برای برخی اجزاء از ۱۰۰۰ متخصص درخواست شود پاسخ خود را بگویند و **p** با مقدار متوسط بین این ۱۰۰۰ متخصص تخمین زده شود. فرض کنید داریم pi =۰/۱ برای تمام تصمیمات i= 0, ...,8. سپس طرح شمایی فوق الذکر منجر به این نتیجه گیری شود که استراتژی نگهداری k=6 (نگهداری اصلاحی) دارای وزن ۸۱% است و باید بهترین گزینه باشد. از سوی دیگر ۱۵% متخصصان «بله/خیر» نتیجه گیری کنند که «یافتن طراحی بهتر» استراتژی انتخاب باشد و ۴% متخصصان بله/خیر» به سایر استراتژی ها برسند. متاسفانه این متخصصان نمی دانند که استراتژی آنها استراتژی کم وزنی است و از این رو به احتمال زیاد غیربهینه باشد. مشخص است مشکل از اجبار به تصمیم ناشی می شود که بخشی از تصویر تصمیم را پنهان می کند. اگر عدم قطعیت از آغاز طرح فوق وجود داشته باشد متخصصان اندکی توانایی تضمین پیشنهاد استراتژی مناسب را خواهند داشت.



شکل ۴- نقاط (sr, sp) برای ۱۰۰۰ مجموعه p تصادفا انتخابی

تحلیل اثر عدم قطعیت متغیرهای ورودی در عدم قطعیت استراتژی پیشنهادی با جزئیات دقیق تر حائز اهمیت است. به خاطر داشته باشید که المان های p، مقادیر مورد انتظار متغیرهای توزیع دوجمله ای هستند، مقدار عدم قطعیت ورودی را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

Archive of SID
www.SID.ir

$$s_p \equiv \sqrt{\frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} p_i(1-p_i)} \qquad (2)$$

تعریف ۲ با تعریف انحراف استاندارد متغیرهای توزیعی دوجمله ای به دست می آید. اگر تمام تصمیمات به طور کامل تعیین شوند (یعنی pi=0 یا pi=1) ان مقدار می شود sp=0. حداکثر مقدار sp هنگامی که تمام تصمیمات به وطور کامل با pi = 0.5 تعیین نشود ۰/۵ است. مقادیر sp را می توان به صورت انحراف نوعی متغیرهای ورودی از قطعیت کامل (۰ یا ۱) تعریف کرد.

برای یافتن مقداری برای عدم قطعت خروجی یادآور می شویم که **r**، pdf توزیع گسسته را تعیین می کند. خروجی مورد انتظار را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\langle i \rangle = \sum_{i=1}^{6} i r_i \qquad (3)$$

و انحراف استاندارد خروجی می شود:

$$s_{i,r}^2 = \langle (i - \langle i \rangle)^2 \rangle = \sum_{i=1}^{6} i^2 r_i - \left(\sum_{i=1}^{6} i r_i \right)^2 \qquad (4)$$

توجه کنید که فرمول ۴ فقط زمانی قابل کاربرد است که $(r_1, r_2, ..., r_6)$ در مقیاس گسسته برای افزایش مقدار i باشد. در مورد ما شماره بندی استراتژی اختیاری است و مقدار معادله ۴ بعد از شماره بندی مجدد استراتژی تغییر می کند. برای رسیدن به مقدار انحراف مستقل از شماره بندی، معادله ۴ را می توان در هر چهار شماره بندی احتمالی در **r** جمع و حاصل را بر ۶! (تعداد تبدیل ها) تقسیم کرد. محاسبه تا حدی طولانی است و درحیطه این بحث قرار ندارد ولی نتیجه نسبتا جامع است:

$$s_r^2 = \frac{(n+1)(2n+1)}{6}\left(1 - \sum_{k=0}^{n} r_k^2\right) - \frac{(n+1)(3n+2)}{6}\sum_{k=0}^{n-1}\sum_{l=k+1}^{n} r_k r_l \qquad (5)$$

Archive of SID

www.SID.ir

با n=6. اگر استراتژی تعیین شود (مثلا $r_2=1$) ، $s_r=0$. از سوی دیگر اگر $r_i=1/n=1/6$ برای تمام iها باشد، استراتژی به طور کامل تعیین نمی شود به گونه ای که $s_r=\sqrt{(n^2-1)/12}\simeq 1.7$. برای مورد دوجمله ای (مانند $r_1=r_4=1/2$، ۰ برای سایر موارد) داریم $s_r=\sqrt{n(n+1)/24}\simeq 1.3$. مثال ها نشان می دهند که معادله ۵ را می توان به عنوان مقداری برای عدم قطعیت انتخاب استراتژی به کار برد. برای s_r > ۱ استراتژی باید تعیین نشده فرض شود ولی برای s_r<<۱ استراتژی به خوبی تعیین می شود و روش احتمالی فوق واقعا ضرورتی ندارد. این تحلیل عدم قطعیت را می تون فرضا به آزمون فرضیه، مقادیر عدم قطعیت متفاوت و حساسیت تصمیمات تکین با توجه به عدم قطعیت استراتژی بسط داد. گرچه این موضوعات جالب توجه هستند ولی در حیطه بحث مقاله فعلی قرار ندارند.

برای داشتن ایده ای درباره رابطه میان s_r و s_p شکل ۴ نمودار نقاط $s_r - s_p$ برای ۱۰۰۰ مجموعه **p** تصادفا انتخابی را نشان می دهد. از این شکل و مبحث فوق مشخص می شود که تعیین استراتژی برای s_p > ۰/۱ نسبتا بد است و حاکی از این است که بسیاری از استراتژی ها در RCM ممکن است کمتر از حد باور تحلیلگران تعیین شوند. در این موارد روش احتمالی یا روش منطق فازی [۵] را باید برگزید.

۴- کاربرد RCM احتمالی

برای اینکه نکات فوق واضح تر شوند تحلیل RCM احتمالی و سیستم اطفاء حریق معرفی شده در بخش ۲ اجرا می شود. با استفاده از قضاوت متخصص، RCM-FMECA انجام می شود. نتایج این تحلیل در فرم فشرده در شکل ۵ نشان داده شد. توجه کنید که عدم قطعیت استراتژی (معادله ۵) برای تمام اجزاء معنادار است. درمورد تحریک دستی و سر آبپاش درحقیقت ۱/۶ است. این ارقام حاکی از این هستند که روش جایگزین برای «بله/خیر» باید حائز اهمیت باشد.

آزمایش دوره ای گزینه درست برای آشکارسازها را اثبات کرده است. قابلیت تست به دلیل دشواری های تست آستانه هشدار و هشدار کاذب ۷۰٪ می شود. اگر قابلیت تست را نتوان بهبود داد، آشکارسازها باید در چند فاصله تست مناسب تعویض شوند. همچنین این نتیجه حاصل شود که معرفی برخی مسئولیت های خط اول ممکن است جنبه ارزشمند آن باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

واحد	عملکرد	شرایط قابل توجه	سایر دلایل	خطا اول	خطا اول به تنهایی	قابلیت اشکار سازی	قابلیت تست	نگهداری میتی برشرایط	افزایش نرخ خطا	نظرات	تست دوره ای	نگهداری برنامه ریزی شده	یافتن طراحی بهتر	بهای بتی رایط
		p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8		r_1	r_2	r_3	r_4
آشکارسازها	تشخیص دود	80 %	50 %	70 %	30 %	0 %	70 %	20 %	90 %	آلارم اشتباه به سختی. آستانه :۶ برای آلارم ۷:حساسیت باید کنترل شود۸: به دلیل گردوخاک (و یا فرسودگی باطری)	50 %	19 %	2 %	0 %
راه اندازی دستی	ارسال آلارم دستی به ووتر	70 %	50 %	70 %	30 %	0 %	50 %	0 %	0 %	معلوم نیست پرسنل هستند یا خیر :۵ صدمه دیده از تست (یته به :۶ سیستم)	34 %	0 %	34 %	0 %
ووتر	تعبیر سیگنال ورودی و آلارم درصورت نیاز	100 %	0 %	0 %	0 %	5 %	95 %	0 %	0 %	منبع انرژی خود قابل شناسایی :۵ DFR شاید حتی :۸	90 %	0 %	10 %	0 %
آلارم برای پل آتش	ارسال آلارم به پل آتش نوزی	90 %	70 %	0 %	0 %	0 %	95 %	0 %	0 %	تحدید تخریب دود و آب.۶: باید به :۲ خطوط تلفن نکیه کرد ۷:اما باید اجرای تست خودبخودی ممکن باشد	92 %	0 %	5 %	0 %
زنگ آلارم	آلارم برای انسان داخل ساختمان	90 %	70 %	70 %	30 %	0 %	100 %	0 %	20 %	آلارم ثانویه از لحاظ امکانپذیراست :۲	77 %	0 %	0 %	0 %
فعالسازی	بازشدن شیراصلی در صورت تشخیص آتش	100 %	0 %	70 %	30 %	0 %	0 %	0 %	70 %	دوسیستمهای تروتی هیچ شیرتستی وجود :۶ ندارد که تست کردن امکان ناپذیر باشد.	0 %	55 %	24 %	0 %
پاشنده	پاشش به سمت آتش درصورتی که دما از نقطه تعیین شده بیشتر باشد	40 %	70 %	70 %	30 %	0 %	0 %	0 %	50 %	افزایش تخریب آتش-دود-آب به:۲ دلیل اطفاء دیر. ۳: فقط کنترل چشمی امکانپذیر است. ۶: تست مخرب. کنترل چشمی یا خط اول. ۸ خردگی لوله سیستم های قدیمی	0 %	32 %	32 %	0 %

شکل ۵- نتایج آنالیز RCM-FMECA سیستم آشکارساز و اطفای حریق

در مورد سیستم تحریک دستی، عدم قطعیت استراتژی ۱/۶ است. در نگاه اول داده های p نشان می دهند که قابلیت آشکارسازی ۰ با قابلیت تست نامناسب ترکیب شده و نرخ شکست غیر افزایشی منتهی به بخش قابل توجه «یافتن طراحی بهتر» می شود. در ساختمان های غیرعمومی، قابلیت تست را می توان با استفاده از دستگاه های هشدار قابل گشودن افزایش داد (تست غیرمخرب).

در ووتر تصمیم گیری به وضوح با کمک تست دوره ای توسط پرسنل مجاز است. همچنین بخش غیرملموس «طراحی بد» به دلیل عدم قابلیت تست ۱۰۰% همراه با نرخ غیر افزایشی شکست را داریم. حتی اگر «نگهداری برنامه ریزی شده» به ۵۵% برسد، تغییر طراحی توصیه می شود. شیر اطمینان که معمولا

www.SID.ir

در سیستم های آبپاش آمریکایی به کار می رود باعث می شود شیر فعالسازی قابل تست شود و تست دوره ای (شاید توسط پرسنل خط اول) اکیدا توصیه می شود.

در مورد سر آبپاش نتیجه «یافتن طراحی بهتر» به همان دلایل حتی ممکن است قویتر باشد. متاسفانه تغییرات تائید شده طراحی به راحتی قابل دسترس نیست. استراتژی نگهداری توصیه شده نیز ممکن است توسط پرسنل خط اول در ترکیب با نگهداری زمان بندی شده در فواصل زمانی طولانی به صورت بازرسی چشمی باشد. با این وجود برای اینکه نگهداری زمان بندی شده کارامد باشد لازم است نرخ شکست واقعا افزایشی باشد- باید با تحلیل زمان عمر کنترل شود.

۵- نتیجه گیری

بحث فوق و بخصوص تحلیل سیستم آشکارسازی و اطفای حریق نمونه به وضوح نشان می دهد که RCM احتمالی بر تصمیم گیری سنتی «بله/خیر» ارجحیت دارد. مزایای اصلی به شکل زیر خلاصه می شود:

- متخصصان در ابراز «درجه ای از باور» به جای تصمیمات «بله/خیر» احساس راحتی بیشتری می کنند. ازاین رو ممکن است جمع آوری داده های مرتبط برای تحلیل RCM آسان تر باشد.
- روش احتمالی منجر به پروفیلی از تمام استراتژی های نگهداری احتمالی می شود. تصمیم گیری براساس این پروفیل به جلوگیری از «تصمیمات ضعیف» کمک می کند و در هر صورت نسبت به اتکا بر طرح ریزی خودکار (تصادفی) براساس یک استراتژی جامع تر است.
- در برخی مطالعات RCM تحلیل مادول ها مطلوب است نه اجزای جداگانه (حالت شکست). در این موارد RCM احتمالی به ویژه کاربردی است زیرا به استراتژی تکین مقید نمی شود.
- همان طور که در مبحث مورد مثال نشان داده شد، روش احتمالی به نمایش مشکلات احتمالی طراحی و دلایل آن کمک می کند. در این حالت با مفاهیم کیفیت کامل به خوبی تناسب دارد.
- درحالی که فرم RCM-FMECA تکمیل می شود اگر ابزارهای استاندارد صفحه گستر به کار رود، نتایج را می توان به صورت خودکار محاسبه کرد. در نتیجه از کار بیشتر برای محاسبات جلوگیری می شود. کاربرد ابزار

Archive of SID

www.SID.ir

این چنینی نیز تفسیر نتایج را با تنظیم آزمایشی Pi روی ۱ یا صفر تسهیل کرد.

ایراد احتمالی این روش جدید این است که برخی متخصصان ممکن است اعداد «میزان باور» را پیچیده تر از سیستم «بله/خیر» سنتی بدانند. بحث کوتاه درخصوص ماهیت این ارقام به عنوان مقدمه ای بر جلسه RCM درنظر گرفته می شود.

منابع:

دکتر کرباسیان و مهندس طباطبایی, مهر ۱۳۹۳ آشنایی با قابلیت اطمینان , نشر دانشگاهی

میربهادر قلی آریانژاد ,فروردین ۱۳۹۰ ,مهندسی قابلیت اطمینان, نوبت چاپ۱ ,نشر نص

.IEC 300-3-11. Dependability management, part 3.11: RCM guide

,Technical report, International Electrotechnical Commision, Geneva ۱۹۹۵.

.Aven T. Reliability and risk analysis. Amsterdam: Elsevier, 1992

.Marintek, Trondheim, Norway. RCM Tool v. 1.0 Demo, 1999

[۴] ,Moubray J. Reliability-centered maintenance. 2nd ed. Industrial Press ,۱۹۹۷.

.Rakowsky UK, Eisinger S. In preparation

Rausand M, Vatn J. Reliability centered maintenance. In: Guedes :Soares CG, editor. Risk and Reliability in Marine Technology. Amsterdam .Balkema, 1998

,éstby E. DNV maintenance optimisation concept. Technical report .Det Norske Veritas, Veritasveien 1, N-1322 Hùvik, 1997

Archive of SID

www.SID.ir