

PM OPTIMIZATION

6 بار سربستر از RCM

Asset strategy methodology to generate a maintenance plan for all your assets



Prepared by :

Steve Turner BEng MBA

s.turner@nexusglobal.com

09131255986

آذرماه ۹۵

ترجمه: غلامرضا کاظم

۴.....	مقدمه.....
۴.....	چرخه نت عکس‌العملی.....
۵.....	عکس کردن چرخه نت عکس‌العملی.....
۵.....	گزینه‌ها.....
۵.....	راه‌حل.....
۷.....	راهنمای کاملی برای PMO2000.....
۷.....	نگاهی اجمالی.....
۸.....	گام اول: گردآوری و تدوین وظیفه.....
۹.....	گام دوم: آنالیز حالت خرابی.....
۹.....	گام سوم: خردگرایی و بازنگری حالت خرابی.....
۱۰.....	گام چهارم: آنالیز کارکردی.....
۱۱.....	گام پنجم: ارزیابی نتیجه.....
۱۲.....	گام ششم: تعیین سیاست نت.....
۱۳.....	گام هفتم: گروه‌بندی و بازنگری.....
۱۳.....	گام هشتم: تثبیت و اجرا.....
۱۴.....	گام نهم: زنده نگهداشتن برنامه.....
۱۵.....	چه موقع از RCM و چه موقع از PMO استفاده کنیم.....
۱۵.....	بازنگری روش RCM.....
۱۵.....	تفاوت‌های کارکردی.....
۱۶.....	تفاوت‌های روش‌شناسی (Methodology).....

۱۷.....	مقایسه انعطاف پذیری.....
۲۰.....	امتیازات سرعت.....
۲۲.....	ضعف‌های روش‌های مبتنی بر آمار.....
۲۳.....	شکل‌های کلیدی از برنامه PMO
۲۷.....	اجرای PMO2000
۲۹.....	منابع.....

مقدمه

معمولاً نگهداری و تعمیرات^۱ (نت) بزرگترین ابزار کنترل هزینه در صنایع تجهیز محور می باشد. همچنین کارکرد تجاری حیاتی است که اثری مستقیم روی خروجی کارخانه، کیفیت تولید، هزینه تولید، ایمنی، و عملکرد زیست محیطی دارد. به همین دلایل، نت در سازمان های ممتاز خیلی مورد توجه است، نه تنها به عنوان پرهیز از هزینه ها، بلکه همراه با مهندسی قابلیت اطمینان، به عنوان اهرمی قدرتمند در کارکرد تجاری. لذا آن بازوی ارزشمندی برای مشارکت در توانمندی تجهیزات و بهبود مستمر سوددهی در نظر گرفته می شود.

چرخه نت عکس العملی^۲:

بسیاری سازمان های نت با میزان زیادی از نت شکست^۳ یا عکس العملی مواجه هستند. نت عکس العملی مفرط باعث منفی شدن چرخه عملکرد می شود که به دیگر ابتکارات ارزشمند بهبود هم ضربه می زند و در بدترین حالت، تقریباً به محیطی کاملاً عکس العملی منجر می شود. آن را می توان کاملاً ساده تشریح کرد.

وقتی شکست ها بطور غیرمنتظره حادث می شوند، منابع صرف کار عکس العملی می شوند اما به هزینه نت پیشگیرانه (pm^۴). Pm به خاطر کسری منابع مصرف شده توسط شکست ها از دست می رود. با از دست رفتن pm، خرابی های قابل پیشگیری بیشتری حادث می شوند و میزان نت عکس العملی بازهم افزایش می یابد. در بسیاری حالت ها، ناچار به رفع موقتی خرابی می شوند و به خاطر ساعت ها کار تحت فشار زیاد و رفع خرابی های پشت سرهم روحیه نفرت متاثر می شود.

^۱ maintenance

^۲ reactive

^۳ breakdown maintenance

^۴ Preventive Maintenance

عکس کردن چرخه نت عکس‌العملی

گزینه‌ها

چالش بسیاری شرکت‌ها خروج از سیکل نت عکس‌العملی است. به طور ذاتی، پاسخ این چالش به غلط درخواست بکارگیری منابع انسانی بیشتر است یا به دست آوردن دسترسی بهتر به تجهیزات نت. عموماً، گزینه افزایش منابع انسانی دست یافتنی نیست و تناوب‌های نت تجهیزات نیز با عوامل خارج از اداره نت تحمیل می‌شوند. بنابراین تنها گزینه افزایش بهره‌وری یا اثر بخشی نفرات و استفاده بهتر از زمان اختصاص داده شده به نت موجود است.

پر واضح است **"با تغییر هیچ چیز، چیزی تغییر نمی‌کند"** - **تونی روبینز**، هرگز مفهومی بزرگتر از این در سازمان‌های گرفتار شده در چرخه نت عکس‌العملی نبوده است.

راه حل

در سال، ۱۹۹۶، Strategic Industry Research Foundation (SIRF)^۵ به صنایع مربوطه پاسخ داد که اگرچه RCM ابزار آنالیزی مفیدی بوده، اما با نیاز سازمان‌هایی که برنامه‌های نت داشته‌اند و نتوانسته‌اند از عهده شروع مجدد همه‌ی آن‌ها برآیند منطبق نیست. صنایع سرمایه محور متوجه شدند مشکل بنیادی RCM این بود که آن ابزاری ساخته شده برای فاز طراحی چرخه عمر تجهیزات بوده است، نه برای تجهیزاتی که از قبل استفاده می‌شده است. در نتیجه، آن دارای گام‌هایی است که به اهداف آنالیز ارزشی کم یا هیچ ارزشی اضافه نمی‌کرد. برعکس PM Optimization (PMO) ابزاری است که به طور خاص برای بازنگری الزامات نت، تاریخچه خرابی‌ها، و مستندات فنی برای تجهیزات طراحی شده‌ای می‌باشد که در حال استفاده هستند یا در طراحی هستند جاییکه تجهیزات اجزای مشترک دارند یا استراتژی نت OEM توصیه شده مشابهی دارند. وقتی صنعت هسته‌ای آمریکای

^۵ 1In June 2000, State Government funding was removed from SIRF

شمالی با اهداف افزایش عملکرد تجهیز، مقاصد ایمنی و زیست محیطی ارتقا داده شده، و کاهش هزینه‌های نت روبه‌رو بود، PMO بکار گرفته شد. در نتیجه، PMO از صنعت برق هسته‌ای آمریکای شمالی در تعدادی کارخانه‌ها اعتبار یافت.

PMO2000 برای بسیاری صنایع که به دنبال اصلاح استراتژی‌های تجهیزاتشان بودند به عنوان روش کاربردی جایگزین توسعه داده شد. تقریباً بدون استثنا، شرکت‌های داخل در این روش نقطه ضعف‌های زیر را در استراتژی‌های نت شان متوجه شده بودند:

- برخی وظایف^۶ PM باعث دوباره کاری وظایف دیگر می‌شد.
- برخی وظایف PM اغلب زیاد انجام می‌شد.
- برخی وظایف PM هیچ هدفی نداشتند.
- برخی وظایف اجباری و مستلزم اورهال بودند؛ در حالیکه خیلی هم موثر نبودند، کمتر به صرفه، و مطابق با نیازهای تولید و بر پایه شرایط نیز نبودند.
- برخی بازرسی‌های برپایه شرایط زیادی اجباری بودند در حالیکه داده‌های خرابی کافی در دسترس بود و برای یک دوره کار ایمن تنظیم شده بود و می‌شد توقف‌های متناوب برای بازرسی را حذف می‌کرد.
- اگر ابزارهای عیب یابی مدرن استفاده می‌شدند برخی وظایف برپایه شرایط می‌توانستند دور از اثر بخشی و راندمان باشند.
- تقریباً در هر محیطی، میزان قابل توجهی نیروی نت به خطا رفته وجود دارد. در برخی موارد، مشخص شده است که حدود ۱۳٪ از PM به درستی متمرکز شده‌اند. این میزان کم از اثر بخشی PM سهم زیادی در بهره‌وری ضعیف نیروی نت و دسترسی کم کارخانه دارد.

^۶ tasks

علاوه بر آن، اغلب سازمان‌ها وقتی متوجه شدند که بخش عمده‌ای از استراتژی‌های نت به صورت غیر رسمی بوده یا خارج از سیستم کنترل شده بوده‌اند و لذا در طرح و سازماندهی مشکل داشته‌اند دچار شگفتی شدند.

برنامه‌های PMO اجرا شدند و به انتشار امتیازات به صدها شرکت در کل دنیا از سازندگان، معدن، فرآیندهای معدنی، صنایع همگانی و نفت و گاز ادامه می‌دهند.

راهنمای کاملی برای PMO2000

نگاهی اجمالی

فرآیند PMO نه گام دارد. این گام‌ها به شرح زیر است که در ادامه بحث می‌شوند:

گام اول: گردآوری و تدوین وظیفه

گام دوم: آنالیز حالت خرابی (Failure Mode Analysis)

گام سوم: خردگرایی و بازنگری FMA⁷

گام چهارم: آنالیز کارکردی (انتخابی)

گام پنجم: ارزیابی نتیجه

گام ششم: تعیین سیاست نت

گام هفتم: گروه بندی و بازنگری

گام هشتم: تصویب و اجرا

گام نهم: زنده نگهداشتن برنامه

⁷ Failure Mode Analysis

گام اول: گرد آوری و تدوین وظیفه

PMO با جمع آوری یا مستند سازی برنامه نت موجود آغاز می شود (رسمی یا غیر رسمی) و با وارد کردن آن به پایگاه داده ای از طریق صفحات گسترده ادامه می یابد. مهم است بدانید که نت با بخش های گسترده ای از نفرات انجام می شود که نفرات بهره بردار و اپراتورها را نیز در برگیرد. همچنین مهم است بدانید که در بسیاری سازمان ها، بیشتر برنامه PM با پیش قدمی کارگران و اپراتورها انجام می شود و به صورت رسمی مستند نشده است. در چنین موقعیتی، تدوین وظیفه خیلی ساده می باشد، نوشتن و ثبت آنچه که نفرات انجام می دهند. اگرچه برای سازمان ها امری رایج است که سیستم PM غیر رسمی در بهره برداری داشته باشند، اما خیلی به ندرت اتفاق می افتد که سازمان در کل بدون PM باشد. (شکل ۱)

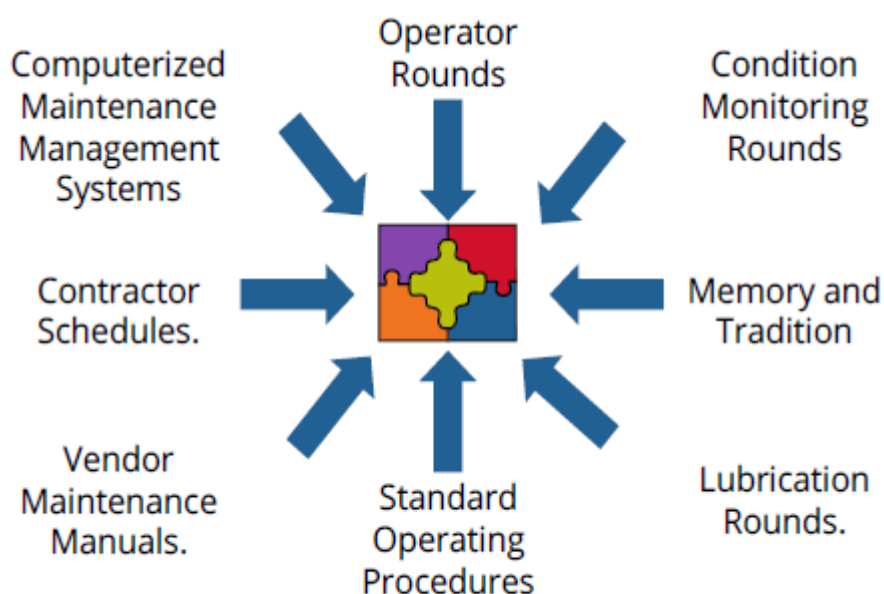


Figure 1 - Sources of Preventive Maintenance

گام دوم: آنالیز حالت خرابی

گام دوم در برگیرنده نفرات فنی عادی^۸ است که در تیم‌های کارکردی مشخص می‌کنند هر وظیفه نت (یا بازرسی) در نهان خود چه حالت‌های خرابی را مد نظر دارد. (شکل ۲)

Task	Interval	Trade	Failure Mode
Task 1	Daily	Operator	Failure A
Task 2	Daily	Operator	Failure B
Task 3	6 Months	Fitter	Failure C
Task 4	6 Months	Fitter	Failure A
Task 5	Annual	Electrician	Failure B
Task 6	Weekly	Operator	Failure C

Figure 2 - Illustration of Step 2

گام سوم: خردگرایی و بازنگری حالت خرابی

با گروه بندی داده‌ها از طریق حالت خرابی، وظیفه‌های تکراری را می‌توان به سادگی شناخت. وظیفه تکراری وقتی حادث می‌شود که یک حالت خرابی که توسط PM مدیریت می‌شود توسط بخش‌های دیگر نیز انجام شود که بین اپراتورها و نفرات فنی، و نفرات فنی و متخصصین پایش وضعیت خیلی رایج است. در این گام، تیم حالت‌های خرابی ایجاد شده در آنالیز حالت خرابی را بازنگری می‌کند و خرابی‌های فراموش شده را نیز به لیست اضافه می‌کند. لیست خرابی‌های از یاد رفته از آنالیز سابقه خرابی‌ها، مستندات فنی (P&IDs)^۹، یا تجربه تیم ایجاد می‌شود. (شکل ۳- بخاطر داشته باشید علت خرابی جدید "D" در این گام شناخته می‌شود).

^۸ shop floor working

^۹ Piping and Instrumentation Diagrams

Task	Trade	Cause
Task 1	Operator	Failure A
Task 4	Fitter	Failure A
Task 7	Greaser	Failure A
Task 2	Operator	Failure B
Task 5	Electrician	Failure B
Task 3	Fitter	Failure C
Task 6	Operator	Failure C
		Failure D

Figure 3 - Illustration of Step 3

گام چهارم: آنالیز کارکردی

کارکردهای از دست رفته به خاطر هر حالت خرابی در این گام می‌تواند ایجاد شود. این وظیفه انتخابی است و ممکن است برای آنالیز روی آیتم‌های تجهیزات خیلی پیچیده یا با بحرانیت بالا توجه داشته باشد جائیکه درک درستی از همه‌ی کارکردهای تجهیز بخش حیاتی اطمینان از برنامه نت جامع به شمار می‌رود. برای آیتم‌های با بحرانیت کمتر، یا سیستم‌های ساده، شناخت همه کارکردها از یک آیتم تجهیز باعث افزایش هزینه‌ها و زمان می‌شود، اما هیچ امتیازی به دست نمی‌دهد. (شکل ۴)

Task	Trade	Cause	Function
Task 1	Operator	Failure A	Function 1
Task 4	Fitter	Failure A	
Task 7	Greaser	Failure A	
Task 2	Operator	Failure B	Function 1
Task 5	Electrician	Failure B	
Task 3	Fitter	Failure C	Function 2
Task 6	Operator	Failure C	
		Failure D	Function 1

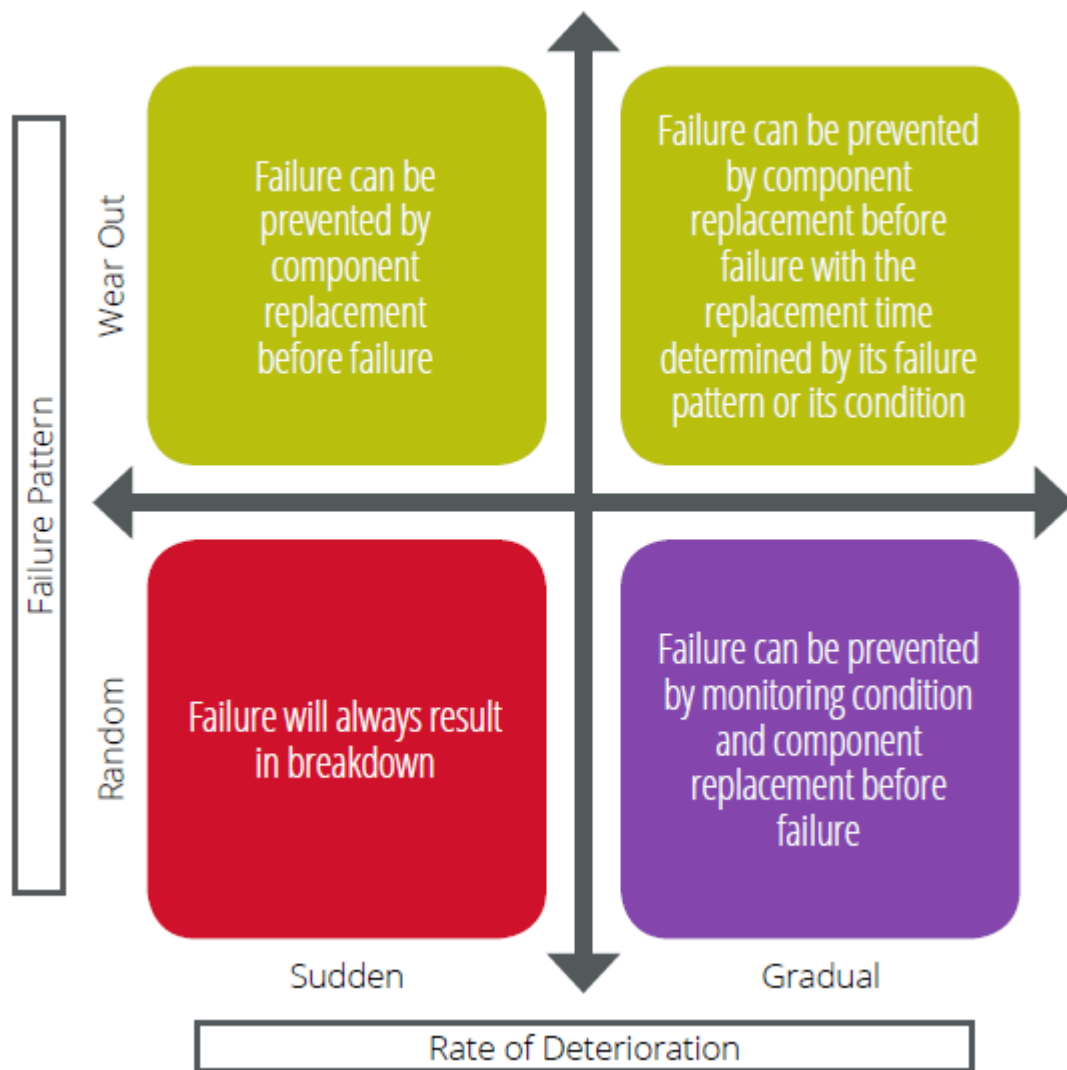
Figure 4 - Illustration of Step 4

گام پنجم: ارزیابی نتیجه

در گام پنجم، همه حالت‌های خرابی آنالیز می‌شوند تا تعیین شود آیا خرابی پنهان است یا آشکار. برای خرابی‌های آشکار، باید خطر یا نتیجه بهره برداری مشخص شود. (شکل ۵)

Task	Trade	Cause	Function	Effect
Task 1	Operator	Failure A	Function 1	Operation
Task 4	Fitter	Failure A		
Task 7	Greaser	Failure A		
Task 2	Operator	Failure B	Function 1	Operation
Task 5	Electrician	Failure B		
Task 3	Fitter	Failure C	Function 2	Hidden
Task 6	Operator	Failure C		
		Failure D	Function 1	Operation

Figure 5 - Illustration of Step 5



گام ششم: تعیین سیاست نت

فلسفه مدرن نت از این فرض بنیادی آغاز می‌شود که موفقیت برنامه‌های نت بیشتر به خاطر نتیجه خرابی‌ها بوده است تا خود تجهیز.

در این گام، همه حالت‌ها با استفاده از اصول RCM آنالیز می‌شوند تا در سیاست‌های نت تجدید نظر شود یا جدید شوند. به عنوان نتیجه، موارد زیر آشکار می‌شوند:

- عناصر برنامه نت جاری که روی هزینه اثر دارند، و آنهایی که اثر ندارند (لازم است حذف شوند).

- آیا وظایفی که باید بیشتر موثر و کمتر هزینه بر باشند بیشتر براساس شرایط (CBM) هستند یا براساس تعمیرات اساسی.

- وظایفی که هیچ منظوری را رفع نمی کنند و لازم است از برنامه حذف شوند.

- وظایفی که اگر در تناوب دیگری انجام شوند موثرتر خواهند بود.

- خرابی هایی که با استفاده از تکنولوژی پیشرفته تر یا ساده تری بهتر مدیریت خواهند شد.

- داده هایی که برای پیش بینی دقیق تر عمر تجهیز باید گردآوری شوند.

- نواقصی که با آنالیز ریشه ای علت ها RCA¹⁰ باید حذف شوند.

گام هفتم: گروه بندی و بازنگری

وقتی آنالیز وظیفه کامل شود. تیم بهره ورترین و موثرترین روش برای مدیریت نت را از عوامل تولید محلی داده شده تجهیز و دیگر الزامات را به دست می آورد. در این گام احتمال دارد وظایف بین نفرات فنی و بهره برداران جابجا شود تا راندمان و بهره وری استحصال شود.

گام هشتم: تثبیت و اجرا

در گام هشتم، آنالیز با صاحب نظران محلی برای بازنگری و اظهار نظر مرتبط می شود. گروه اغلب این کار را از طریق پرزنت و گزارش گیری خودکار از نرم افزار PMO انجام می دهد. این نرم افزار برای هر استراتژی توصیه شده ی تجهیز همه تغییرات و توجیهات را تشریح می کند.

پس از تثبیت، مهمترین منظر PMO2000 یعنی اجرا شروع می شود. اجرا زمان برترین و احتمالاً مشکل ترین گام است. رهبری قوی و توجه به جزئیات لازمه موفقیت است. مشکل این گام با تغییرات بیشتر و همچنین در سازمان هایی که تجربه چنین تغییراتی را ندارند تا حد زیادی افزایش می یابد.

¹⁰ root cause analysis

گام نهم: زنده نگهداشتن برنامه

گام ۱ تا ۸، فرآیند PMO چارچوبی عقلانی و با هزینه موثر از PM ایجاد می کنند. در گام نهم، برنامه PM یک پارچه می شود. و کارخانه تحت کنترل قرار می گیرد. چرا که نت عکس العملی با نت برنامه ریزی شده جایگزین می شود. از این نقطه، بهبود به آسانی می تواند شتاب گیرد زیرا منابع برای تمرکز روی نواقص طراحی کارخانه یا محدودیت های ذاتی بهره برداری متمرکز می شوند.

در طی این گام، چندین فرآیند حیاتی برای مدیریت بهره ور تجهیزات می تواند در نظر گرفته شود یا تنظیم گردد بطوریکه نرخ بهبود شتاب گیرد.

این فرآیند به شرح زیر است:

- استراتژی تولید/نت

- اندازه گیری اجرا

- گزارش سابقه خرابی و حذف نقص

- برنامه ریزی و زمان بندی

- ارزیابی قطعات یدکی

- فعالیت های کارگاه و نت

منظور ایجاد سازمانی است که بطور ثابت به دنبال بهبود روش هایش از طریق ارزشیابی پیوسته از هر وظیفه ای باشد که به عهده می گیرد و هر خرابی برنامه ریزی نشده ای که حادث می شود. برای رسیدن به این برنامه ای لازم است که نیروی کارش در آنالیز تکنیک ها به اندازه کافی تعلیم دیده باشد و تشویق شود تا فعالیت ها را برای بهبود رضایت مندی کارش تغییر دهد و هزینه واحد تولید را کاهش دهد.

چه موقع از RCM و چه موقع از PMO استفاده کنیم.

شکی نیست که روش‌های سنتی و آماری RCM در راه دستیابی به کنترل بهتر تجهیزات و مدیریت هوشمندانه آنها به صنایع کمک کرده است. با این حال، مشخص شده است که هر دو روش ضعف‌هایی دارند و انتظارات را برآورده نکرده‌اند.

بازنگری روش RCM

مطابق با استاندارد SAEJA1011، هر برنامه RCM باید اطمینان حاصل کند که همه هفت سوال زیر بطور رضایت بخشی پاسخ داده شده‌اند و مطابق با ترتیب زیر بوده است:

۱- کارکردها و استانداردهای مطلوب مربوطه از عملکرد تجهیز در زمینه بهره‌برداری موجود (کارکردها) چیستند؟

۲- کارکردهای تجهیز از چه راه‌هایی می‌تواند کامل نشود (خرابی‌های کارکردی)؟

۳- علت‌های هر خرابی کارکردی چیست (حالت‌های خرابی)؟

۴- هرگاه هر خرابی رخ دهد چه اتفاقی می‌افتد (آثار خرابی)؟

۵- از چه لحاظی هر خرابی اهمیت دارد (نتایج خرابی)؟

۶- برای پیش‌بینی یا پیش‌گیری هر خرابی چه باید کرد (وظایف پیش اقدام و تناوب وظیفه)؟

۷- اگر وظیفه پیش اقدام مناسبی نتوان یافت چه باید کرد (اعمال پیش فرض)؟

تفاوت‌های کارکردی

RCM و PMO هر دو روش‌هایی هستند که برای تعیین الزامات کامل نت از تجهیزات فیزیکی استفاده می‌شوند.

Nolan و Heap (1978) واژه Reliability Centered Maintenance (RCM) را به عنوان فرآیندی که به منظور ترسیم برنامه‌های نت برای انواع جدید هواپیماها استفاده شود *قبل* از اینکه آنها در سرویس قرار گیرند ثبت کردند (موری 1997). بنابراین RCM ابزاری از پایه صفر بود که برای استفاده در فاز طراحی دوره عمر تجهیز توسعه یافت.

در شرایط فقدان روش‌های بهتر، در زمان Nolan و Heap ، RCM با نگاهی خوب به گذشته عمر کارکرد کارخانه‌ها بکار گرفته می‌شد. در مدت ۲۰ سال اجرای آن، RCM از اینکه فعالیت اجرا شده هر روزه‌ای توسط بیشتر سازمان‌ها شود شکست خورد.

سازمان‌های اندکی RCM را برای موارد دیگری غیر از تجهیزات حساس‌شان بکار برده‌اند، پیشنهاد می‌شد که این نیازها با مسیریایی جایگزین شود که ایجاد سیاست‌های نگهداری و تعمیرات بیش از شروع از یک پیش‌نویس باشد. در پاسخ به این نیاز، PMO به عنوان فرآیندی از بازنگری تجهیزاتی توسعه یافت که برنامه نت ایجاد شده‌ای (رسمی یا غیررسمی) دارند اما آن برنامه نت کافی نبود یا با نیازهای تجاری هم محور نبود.

تفاوت‌های روش شناسی (Methodology)

اختلاف اصلی بین RCM و PMO در روشی است که حالت‌های خرابی حاصل می‌شود.

■ RCM به دنبال آنالیز هر خرابی روی هر قطعه تجهیز در سیستم تحت آنالیز می‌گردد.

■ PMO از حالت‌های خرابی برنامه جاری نت، ارزیابی خرابی‌های شناخته شده، و با آنالیز خطر از مستندات فنی P&ID های اولیه لیستی ایجاد می‌کند.

اختلاف دو روش به این معنی است که PMO با حالت‌های خرابی خیلی کمتری نسبت به RCM سر و کار دارد و در محدوده زمانی سریع‌تری به حالت‌های خرابی می‌رسد. پوشش انتخابی PMO برنامه نت را هدف قرار می‌دهد لذا فارغ از اینکه PMO یا RCM استفاده شود نتیجه یکسان است (شکل ۷). تفاوت‌های دیگر در ادامه بحث می‌شوند.

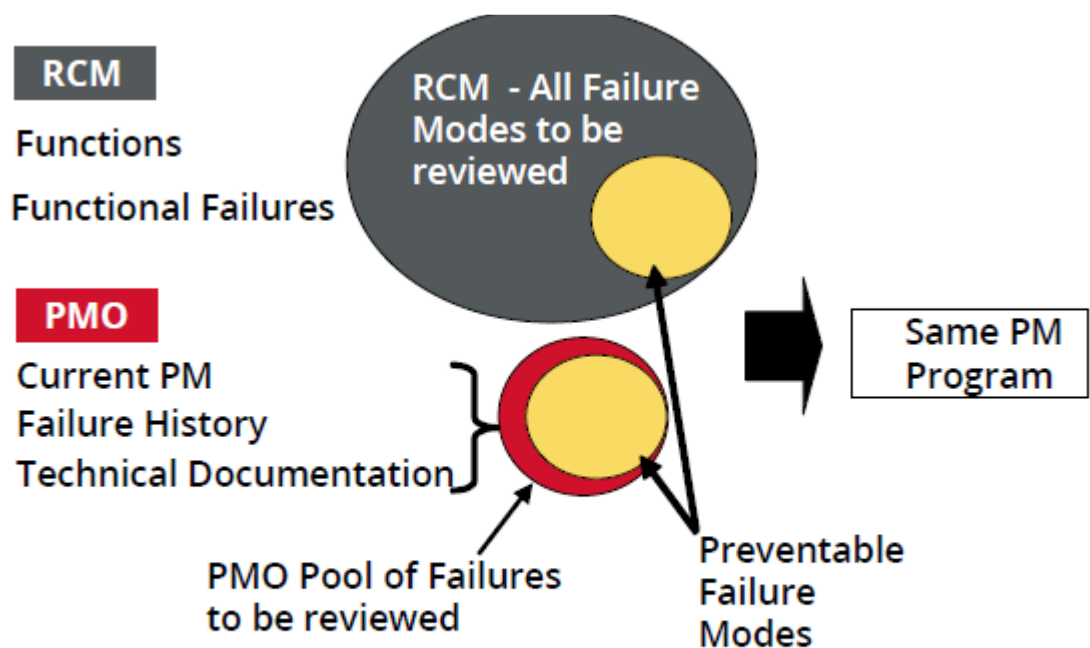


Figure 7 - Illustration of how RCM and PMO produce the same result.

۱- آنالیز حالت خرابی

تمرکز روی طراحی خوب تجهیز برای اینست که از میزان بالای قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری، و قابلیت بهره‌برداری در دوره عمر تجهیز اطمینان حاصل شود. در مرحله طراحی، این یعنی کوشش برای حذف همه خرابی‌های با احتمال زیاد و نتایج زیانبار. بنابراین تعجبی ندارد با بی توجهی به بیشترین تعداد پی آمدها، یا توصیه‌ها، هنگام بازنگری مجموعه کامل حالت‌های خرابی در آنالیز RCM، "نت بدون زمان‌بندی"^{۱۱} باشد. این می‌گوید که برای حالت‌های خرابی باقی مانده در طراحی یا:

■ احتمال آنها خیلی کم است بنابراین هزینه وظیفه پیش‌بینانه یا پیش‌گیرانه احتمالاً بیش از هزینه خرابی است.

■ هیچ وظیفه نت پیش‌بینانه یا پیش‌گیرانه امکان‌پذیری برای مدیریت آنها وجود ندارد.

^{۱۱} No Scheduled Maintenance

برحسب تجربه، آنالیز RCM سختگیرانه تجهیز، مطابق با استاندارد نشان می‌دهد که میانگین، حدود ۸۰ درصد از نتایج حالت‌های خرابی حاصل سیاست "نت بدون زمانبندی" است. این عدد با تجهیزات الکترونیکی نظیر PLC، افزایش می‌یابد و با تجهیزاتی که دارای قطعات متحرک زیادی هستند نظیر نوار نقاله کاهش می‌یابد.

۲- کم کردن آنالیز حالت خرابی جاییکه منطقی باشد.

RCM با هر حالت خرابی به طور مستقل رفتار می‌کند. این نتایج در آنالیزهای یکسان چندین بار مستند می‌شوند، اما نتیجه برای همه حالت‌های خرابی لیست شده تنها در یک وظیفه توصیه می‌شود. با استفاده از RCM، این امر اجتناب ناپذیر است تفاوتی نمی‌کند تیم آنالیز چقدر باتجربه باشد.

PMO2000 از وظیفه نت آغاز می‌شود لذا بسیاری حالت‌های خرابی می‌توانند روی یک وظیفه لیست شوند. با اینکار تعداد رکوردهایی که نیاز به آنالیز دارند کاهش می‌یابد و تا حد زیادی زمان آنالیز را کاهش می‌دهد. با مراجعه به جداول ۱ و ۲ مفهوم بهتر روشن می‌شود.

Task	Failure mode analyzed (rolled up)
Perform Vibration Analysis on the Gearbox	Gear wears, or cracks. Gear bearing fails due to wear. Gearbox mounting bolts come loose due to vibration. Gearbox coupling fails due to wear.

Table 1 - Illustration of Failure Mode Analysis using PMO

Function	Functional Failure	Failure modes
To provide 20 hp of power to the fan such that the fan spins at 200 rpm.	No power	Gear wears.
	No power	Gear cracks due to fatigue.
	No power	Coupling fails due to wear.
	No power	Gearbox bearings fail due to wear.

Table 2 - Illustration of Failure Mode Analysis using RCM

همانطور که از جدول ملاحظه می‌شود انجام آنالیز ارتعاشات از نظر فنی امکان‌پذیر و وظیفه اقتصادی موثری است تا از حادث شدن غیر منتظره همه این حالت‌های خرابی جلوگیری شود چنانکه در PMO2000 همه‌ی حالت‌های خرابی را در یک گروه در نظر گرفته است.

در مقابل در جدول ۲، RCM را ملاحظه می‌کنید که فرآیند آنالیز طولانی در مقایسه با PMO2000 ایجاد کرده است. با پذیرش اینکه نتیجه برنامه نت یکسان خواهد بود. در این روش چهار برابر اجرا و احتمالاً دو برابر زمان آنالیز بیشتر خواهد بود. علاوه بر این، با تجزیه حالت‌های خرابی کوشش‌های اجرایی اضافه تری لازم است تا آنها را با هم تکمیل کرد و چهار حالت خرابی را به یک وظیفه مربوط کرد.

۳- آنالیز کارکردی گزینشی

RCM با آنالیز کارکردی کامل تجهیز آغاز می‌شود. در حالیکه با PMO، تلاش در آنالیز کارکردی با بصیرت گسترش می‌یابد. اولین دلیل اینست که ارزیابی نتیجه در سوال ۵ PMO2000 اجرا شده است. از آنجا که ارزیابی نتیجه تلویحاً درک آنچه فقدان کارکرد باعث آن می‌شود را در بردارد، ارزیابی اضافه‌تر کارکرد کوشش‌ها را دو برابر می‌کند.^{۱۲}

در صورت انجام درست، آنالیز کارکرد ۳۰ درصد از زمان آنالیز PCM را صرف می‌کند در صورتیکه فعالیتی با کمترین ارزش افزوده در فرآیند می‌باشد.

مقایسه انعطاف پذیری

فیلتر حالت‌های خرابی توسط نفرات فنی

آنالیز RCM اینکه کدام حالت‌های خرابی در چه زمانی آنالیز شوند را نمی‌تواند تنظیم یا فیلتر کند. بنابراین آنالیز RCM نیاز به حضور همه نفرات فنی همزمان باهم دارد. در PMO 2000 می‌توان فعالیت‌های یک نفر فنی خاص را روی یک قطعه خاص از تجهیز یا در سایت بازنگری کرد.

^{۱۲} این نکته نیز آشکار است جاییکه کارکردها مخفی هستند، فقدان کارکردهای مخفی در نتایج اثر خواهد داشت که مشروط به خرابی دیگری

است که اتفاق می‌افتد

چرا که PMO با وظایف نت شروع می‌شود که می‌تواند توسط نفر فنی فیلتر شود. خصوصاً هنگامی مفید است که فعالیت‌های یک نفر فنی موثر یا بهره‌ور نیست و نیاز است تا با جداکردن از دیگر نفرات بازنگری شود.

آنالیزهای PMO2000 با موفقیت زیادی پیرامون اپراتور، ابزار دقیق، آنالیز ارتعاشات و غیره بوده‌اند. این نوع تمرکز در استفاده از RCM امکان پذیر نیست.

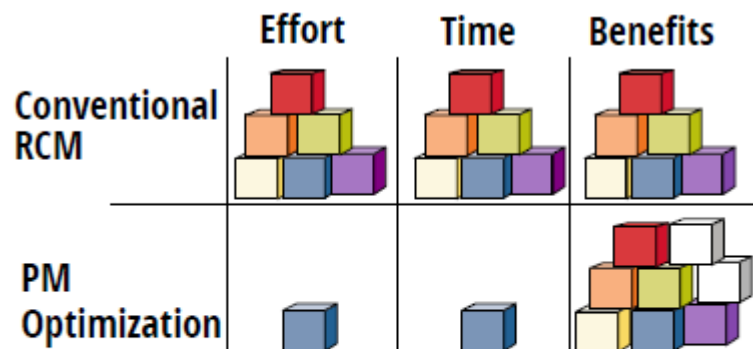
PMO خود تنظیم در واژه‌های سرمایه گذاری و بازگشت سرمایه

جائیکه تجهیز حالت‌های خرابی زیادی دارد. اما اکثریت زیادی از آنها راندومی، آنی، یا بدون نتایج زیادی هستند. PMO خیلی موثر است. مثال ساده آن تلفن موبایل است. تلفن‌های موبایل صدها کارکرد دارند. برای تعیین کارکردهای یک موبایل بسته به دقت گروه در تعیین استانداردهای عملکرد ساعت‌ها زمان صرف می‌شود.

RCM، اگر با سخت کوشی انجام شود، به ورودی از مهندسین متخصص الکترونیک برای حالت‌های خرابی به طور صحیح نیاز خواهد داشت. در مقابل، PMO تنها به اپراتورها نیاز خواهد داشت چراکه حالت‌های خرابی الکترونیکی نه بخشی از حالت‌های خرابی هستند که توسط PM آدرس داده می‌شوند نه بخشی از سابقه خرابی که به قطعات زیادی تعمیم داده شده باشند. PMO2000 بیش از ۲۰ دقیقه برای تکمیل آنالیز کلی زمان نیاز نخواهد داشت و رسیدن به اینکه تنها چیزی که نت لازم دارد اینست که باید نتایج اضمحلال باتری را مدیریت کند.

امتیازات سرعت

تجربه در صنعت نیروگاه برق هسته‌ای آمریکا طی آنالیزهای زیاد، نشان داد که PMO2000 میانگین ۶ برابر سریع‌تر از RCM (Johnson 1995) است. PMO روش خیلی سریعتری است تا روش ارائه شده توسط Johnson.



PMO is six times faster than Conventional RCM for existing plant.

اثر مثبت توسعه آنالیز نت که ۶ برابر سریعتر از RCM با همان خروجی است اغراق آمیز نیست. امتیازات موارد زیر را در بر می گیرد اما محدود به اینها نیست:

- منابعی که آنالیز را انجام می دهند عموماً با ارزش ترین و کمیاب ترین نفقات سایت هستند. منابع کمتری روی برنامه سرمایه گذاری می شوند (با همان نتایج)، سازمان از بابت دور از دسترس قرار گرفتن نیروهای ارزشمندش کمتر به زحمت می افتد.

- آنالیز بهره ور باعث می شود سازمان بیشتر مشتاق اجرا باشد تا آنالیز.

- آنالیز نت در معرض تنزل بازگشت است. PMO2000 روی همه تجهیزات کارخانه اقتصادی است، در حالیکه توجیه RCM روی دیگر تجهیزات غیر از تجهیزات حیاتی بخاطر هزینه ثابت زیاد و انعطاف پذیر نبودن فرآیند مشکل است.

- وقتی نت حالت های خرابی نتایج ایمنی یا زیست محیطی دارد که مظنون در نظر گرفته می شوند، استفاده از PMO2000 باعث خواهد شد با این موضوعات سریعتر از RCM رفتار شود، چراکه آنها ۶ برابر سریعتر به کارخانه آسیب خواهند زد.

- سرپرستان خط اول که روی برنامه سرمایه گذاری می شوند با بهبود بهره بری کارکنان ۶ برابر بیشتر جبران می شود. PMO2000 با برگشت زمان آنالیز ۵ به ۱ به هدف می زند. این برای هر نفر ساعت سرمایه گذاری شده

روی آنالیز است، پنج نفر ساعت هر ساله به اداره باز خواهد گشت. در این نرخ، سرپرست خط آماده می‌شود تا روی منابعش سرمایه‌گذاری کند. اغلب در نرخ ۶ برابر کمتر، آنها تمایل به سرمایه‌گذاری در برنامه دارند.

ضعف‌های روش‌های مبتنی بر آمار

بسیاری سازمان‌ها که روش‌های آماری را آزموده‌اند متوجه شده‌اند که خروجی‌ها در نتیجه کار حدسی به تناوب ضعیف و غیرمستقیم هستند و نیاز است برای فقدان داده و دیگر موضوعات تولید جبران شوند و بعنوان ورودی‌ها به حساب آیند. همچنین آنها تمایل دارند که از مشارکت ارزشمند اپراتورها در پایش وضعیت چشم‌پوشی کنند. نتیجه زیان بار دیگر ناشی از استفاده بسته آماری در برگرفتن کمتر نفرات فنی عادی می‌باشد. این باعث غفلت در آنالیز می‌شود.

نتایج کلی یک برنامه غیرکامل یا غیرمستقیم شده باعث مشکلاتی در اجرا با نفرات فنی عادی می‌شود که خطای زمانبندی را هم دربرمی‌گیرد.

برعکس، دیاگرام تصمیم‌گیری PMO2000 با SAE JA1011 Issu August 1999, مطابقت دارد. یعنی اینکه آنالیز بیشتر تجربی و آزمایشی است تا روش آماری خالص، بنابراین PMO2000 تکیه سنگینی روی دانش نفرات فنی عادی و درک‌شان از داده‌ها دارد. این درجه بالایی احساس مالکیت و مسئولیت مستقیم برای انجام کار نت ایجاد می‌کنند.

در تضاد نهایی، بسیاری روش‌های آماری از الگوریتم‌هایی استفاده می‌کنند که بر پایه فرض نقیصه داشتن هستند و با SAE JA1011 مطابقت ندارند، حتی اگر نامشان نشان دهد که چنین هستند. این خطای ناشی از داده‌های ضعیف را چندین برابر می‌کند و می‌تواند باعث میزان جدی از نت عکس‌العملی در کل هزینه شود.

شکل‌های کلیدی از برنامه PMO

PMO به سرعت حد پایه‌ای برای مهندسی قابلیت اطمینان مؤثر و حذف آسیب شکل می‌دهد.

دو نکته مهم وجود دارد که باعث مهندسی قابلیت اطمینان مؤثر و حذف آسیب می‌شوند. که در زیر بحث می‌گردند:

۱- آوردن خرابی‌های کارخانه از حوادث غیرمنتظره به فعالیت اصلاحی کنترل شده.

در بسیاری سازمان‌ها، مشکلات قابلیت اطمینان بیشتر بعنوان مشکلات طراحی یا روش‌های تولید دیده می‌شوند. تجربه می‌گوید اکثریت مشکلات قابلیت اطمینان تجربه شده در کارخانه‌ها بطور کلی عکس‌العملی‌هایی هستند، که حاصل فقدان نت یا مراقبت هستند تا طراحی. قبل از اینکه طراحی مجدد پرهزینه‌ای در نظر گرفته شود، سازمان‌ها لازم است مطمئن شوند که نت مربوطه اجرا می‌شده است، پیش از اینکه فرض کنند نت کامل و مشکل باید از محل طراحی باشد و آنگاه تصمیم بگیرند آیا تجهیز برای منظور مورد نظر مناسب است. نقطه قوت اساسی برنامه PMO2000 اینست که باعث افزایش ارزش همه وظایف نت می‌شود بطوریکه آن حس تجاری خوبی به ۱۰۰ درصد کامل برنامه می‌دهد. طی برنامه، یک حرکت نت شکست را کاهش می‌دهد و بهبودهایی در بهره‌وری ایجاد می‌کند که مسیر را روشن می‌کند تا این مهم اتفاق بیافتد. پس از مدت کوتاهی، خرابی‌هایی که به علت فقدان نت هستند به ندرت حادث می‌شوند.

۲- داشتن سیستمی که همه استراتژی‌های نت (شامل مواردی پیرامون اپراتور، پایش وضعیت، روانکاری، پیمانکاری PM، و غیره می‌شود) در یک مکان ذخیره می‌شوند و درچنین روشی است که هر استراتژی یا وظیفه‌ای به حالت‌های خرابی خاص یا مجموعه‌ای از آنها مرتبط می‌شود.

در اغلب CMMSها، هیچ ارتباطی بین تجهیز، حالت‌های خرابی‌اش، و استراتژی نت وجود ندارد. از آنجا که بخش عمده استراتژی نت بیرون CMMS ذخیره می‌شود، در صورتیکه یک خرابی غیرمنتظره ناشی از فقدان نت باشد کوشش لازم برای اولین ارزیابی خیلی زمانبر و اغلب امری گاهی موفق و گاهی مغلوب است. PMO باعث مرجعی

سریع و پر بازده برای حالت‌های خرابی تجهیز و استراتژی جاری می‌شود. علاوه بر این، نرم‌افزار PMO باعث می‌شود ابزاری کنترل شده و بهره‌ور از تغییر استراتژی داشته باشیم.

PMO بر پایه اصول دقیق مهندسی است.

PMO اصول RCM را بکار می‌برد همچنین مفاهیمی که بطور موفق برای بیش از ۳۰ سال در صنایع هوایی و برای حدود ۲۰ سال در دیگر صنایع بکار گرفته می‌شده‌اند. این اصول بطور موفق قابلیت اطمینان بهره‌برداری از سازه پرنده‌های هوانوردی را تا بیش از ۱۰/۰۰۰ درصد در طی این زمان بهبود بخشیده‌اند. اگرچه PMO اصول RCM را بکار می‌برد، روش اجرایی که توسط خطوط هوایی و دیگر ارائه‌دهندگان و مشاوران قدیمی RCM بکار برده می‌شود نقطه ضعف عملی در محیط صنعتی می‌باشد، چنانکه بیشتر بحث شد.

PMO اصول و مفاهیم RCM را در روشی که بیشتر روی امتیازات مفهومی در محیط صنعتی است تا روش‌های سنتی RCM متمرکز می‌کند.

PMO مشکلات مربوط به دقت داده‌ها را می‌شناسد و حل می‌کند.

در حالیکه PMO سابقه خرابی‌های موجود را بعنوان یک ورودی برای بازنگری PM بکار می‌برد؛ در همین حال در بیشتر سازمان‌های موجود، داده‌هایی که در سیستم CMMS احتمالاً غیر صحیح و ناقص هستند را نیز شناسایی می‌کند. به همین ترتیب، امتیازی که در استفاده از نفرات بومی در این روش رخ می‌دهد اینست که، نفرات فنی عادی، درک بهتری برای لزوم ثبت دقیق داده‌ها در دستور کارهای نت پیدا می‌کنند. وقتی با موفقیت تحت کنترل درآمد، باعث تغییرات فرهنگی به سمت افزایش دقت داده‌ها و تمرکز روی "مدیریت با واقعیت" می‌شود.

PMO استفاده از منابع انسانی کمیاب را مؤثر می‌کند.

این روزها سازمان‌های ضعیف، هر کوشش بهبودی که مشارکت نفرات بومی را لازم داشته باشد، چه از نفرات فنی عادی یا حمایت کارکنان، باید در استفاده از این منابع انسانی در روشی مؤثر و بهره‌ور اطمینان حاصل کند. برخلاف

دیگر روش‌ها، PMO تا حد زیادی روی بهره‌وری تمرکز دارد تا بدینوسیله نفرات فنی عادی را تشویق کند بهترین عملکرد را داشته باشند:

- داشتن آنالیزستی که قبل از بازنگری توسط تیم‌های نفرات فنی عادی، داده‌های خرابی‌های موجود را جمع‌آوری و ادغام کند.

- تمرکز کوشش‌ها روی حالت‌های خرابی که مسبب مشکلات هستند، یا اینکه در حال حاضر در معرض برخی اشکال PM هستند. در آنالیز کلاسیک RCM، بیش از ۵۰ درصد حالت‌هایی که آنالیز می‌شوند حاصل نت بدون زمان‌بندی هستند. PMO زمان و کوشش هدر رفته روی این حالت‌های خرابی را کاهش می‌دهد.

- رسیدن به روشی هدفمند شده‌تر به توسعه حالت‌های کارکرد تجهیز بیش از RCM قدیمی و در بسیاری حالت‌ها، عدم نیاز به تعریف حالت کارکرد در همه. در اصل، PMO آنچه انجام می‌شده است را منطقی و عقلانی می‌کند، علاوه بر آن چیزی که قبلاً در محل نبوده است و باید اضافه شود را می‌افزاید. در انجام آن، PMO ۶ برابر نسبت به RCM سنتی در آنالیز سریع‌تر است، بنابراین منابع را از آنالیز به اجرا منتقل می‌کند.

PMO بهره‌وری نفرات نت و بهره‌بردار را بهبود می‌بخشد.

PMO در دوره آنالیز، نه تنها استفاده از زمان متخصصین نت و بهره‌برداران را مؤثرتر می‌کند، بلکه بهره‌وری نفرات نت و اپراتورها را هنگام کارهای روزمره‌شان نیز بهبود می‌بخشد. این بهبود از دو راه بدست می‌آید:

۱- PMO محدوده‌ای که وظایف نفرات نت، اپراتورها و پیمانکاران هم‌پوشانی دارد را با موفقیت شناسایی می‌کند، و هرگونه دوباره‌کاری یا موضوعاتی که ارتباطات را در برمی‌گیرد را بطور مؤثر حل می‌کند. برای مثال:

- پیمانکار آنالیز ارتعاشات ممکن است برای مانیتور ارتعاش بیرینگ پمپ‌های مشخصی در سایت استفاده شود.
- ممکن است لازم باشد اپراتورها نیز همان بیرینگ‌ها را از نظر صدای آنها در هنگام گردش روزانه‌شان مانیتور کنند.

■ ممکن است نفرات فنی انتظار داشته باشند که این بیرینگ‌ها را در دوره روتین تعمیرات اساسی برنامه‌ریزی شده پمپ تعویض کنند.

در این حالت، PMO این موقعیت را با حل تقابل استراتژی‌های نت برای بیرینگ‌ها (بر پایه شرایط در برابر تعویض زمانبندی شده) منطقی و عقلانی می‌کند، و دوباره کاری بازرسی که توسط پیمانکاران و اپراتورها اجرا می‌شده است را حل می‌کند. تجربه نشان داده است در اغلب سازمان‌ها که برنامه‌های PM به شکلی غیر رسمی در پاسخ به موقعیت‌ها و حوادث رشد کرده‌اند، دوباره کاری‌های زیادی از این دست وجود دارند.

۲- PMO اطمینان حاصل می‌کند شخصی با مهارت‌های خاص برای اجرای یک وظیفه خاص کسی است که برای آن وظیفه معین شده است.

در اغلب سازمان‌ها، نفرات فنی ماهر را برای اجرای بازرسی‌های بصری دوره‌ای بکار می‌گیرند در صورتیکه به مهارت‌های نفر متخصص نیاز ندارد. از طرف دیگر، اپراتورها قبلاً در این حوزه کار می‌کردند، و مهارت‌ها و زمان لازم برای اجرا این بازرسی‌ها را دارند. در تیم جهت‌دهی شده در جریان جلسات بازنگری PMO، مشخص شده است که اپراتورها برای انجام این وظیفه داوطلب هستند، و نفرات فنی نیز برای انجام آن توسط اپراتورها رضایت دارند. این باعث می‌شود وقت نفرات فنی آزاد شود تا با بکارگیری مهارتشان کار را بهتر و با علاقه بیشتری انجام دهند. حاصل نیروی کار ماهرتری است، که روی اجرای کار با کیفیت بالاتر و نت دقیق‌تر تمرکز دارد.

PMO برای انطباق با اهداف و شرایط خاص مشتری انطباق‌پذیر است.

یک شکل اصلی از فرآیند PMO2000 عبارتست از قابلیت تکنیکی برای بکار گرفته شدن با سطوح مختلف دقت حتی اگر سیستم وابسته به ارزیابی بحرانی باشد. این در تضاد با دیگر روش‌ها است، چراکه آنها فارغ از بحرانیّت و فارغ از میزان امتیازات کسب شده از آنالیز سطح حساسیت (و زمان، کوشش و هزینه) یکسانی برای آنالیز همه سیستم بکار می‌برند. برای آیتم‌های تجهیزات با حساسیت زیاد اغلب روش کلاسیک RCM لازم می‌شود، که شناخت همه کارکردهای تجهیز، در نظر گرفتن و آنالیز همه حالت‌های خرابی ممکن، و هم‌خوانی با استانداردهای بین‌المللی برای آنالیز RCM را شامل می‌شود، اما PMO نیز این سطح از دقت را بکار می‌برد. در این موقعیت‌ها

نیز، طبیعت فرآیند PMO چنان است که حتی آنالیزهای سختگیرانه بازهم خیلی سریع‌تر از فرآیند RCM کلاسیک کامل می‌شوند. برای آیتم‌های با حساسیت کمتر، که بکارگیری زمان و کوشش در سطح خیلی دقیق نمی‌تواند توجیه‌پذیر باشد، PMO روش متمرکزتر و جاری‌تری است. در این روش، در بازنگری روتین وظایف و بهره‌برداران PMO روی حداکثر کردن بازگشت کوشش بکار رفته تمرکز زیادی دارد.

PMO نفرات را برمی‌انگیزد.

PMO به سرعت هیجان نفرات کار در فرآیند نت را احیا می‌کند. اجرای آنالیز می‌تواند در گام بهبودها در منابع انسانی و بهره‌وری کارخانه نتیجه دهد. روش PMO همچنین بهبودها در بسیاری منظرهای مدیریت تجهیزات غیر از آنالیز نت را نیز می‌تواند برانگیزد، شامل:

- تولید/ استراتژی نت
- اندازه‌گیری عملکرد
- ثبت سابقه خرابی
- حذف آسیب
- مدیریت دستور کار
- مدیریت قطعات یدکی

اجرای PMO2000

مقیاس کامل برنامه اجرای PMO عموماً با برخی کارگاه‌ها یا جلسات توجیهی برای معرفی علائم تصمیم‌گیری کلیدی فرآیند آغاز می‌شود. هدف این بخش طرح زمینه کار برای اطمینان از موفقیت اجرا است.

البته قبل از این، اغلب سازمان‌ها فرآیند PMO را روی یک یا چند آیتم تجهیز (تجهیز تولید) یا سیستم بصورت آزمایشی و پایلوت انجام می‌دهند. در این محیط، کارگاه آموزشی تسهیل کننده قوی برای هدایت کار است. در ادامه کار آزمایشی، امتیازات، هزینه‌ها و موضوعات اجرایی ارزیابی می‌شوند و تصمیم‌گیری می‌شود که آیا، و چگونه، PMO در مقیاس گسترده‌تری در سازمان انجام شود. با انجام کار آزمایشی، نرخ انجام کار ۱۰۰ درصد سرعت می‌گیرد.

سه گزینه اجرا در دسترس است، که به شکل زیر می‌باشند:

گزینه ۱- مشاور PMO2000 مدیریت تمام وقت پروژه، آموزش، و تسهیل را فراهم کند.

این روش برای شرکت‌های با شرایط زیر مناسب است:

- منابع محدود مدیریت داخلی برای راه‌اندازی برنامه
- مستندات و سیستم‌های مدیریت تجهیز ضعیف
- فرصت زیاد برای بهبود دوره کارکرد و این یعنی فرصت زیاد در افزایش سودآوری
- رکورد ضعیف یا متوسط از اجرای سیستم‌های جدید و فلسفه‌های مدیریت مدرن

گزینه ۲- مشاور PMO2000 بصورت نیمه‌وقت آموزش، کارگاه آسان‌سازی، و حمایت محدود پروژه را ارائه دهد.

این روش برای شرکت‌های با شرایط زیر مناسب است:

- بتواند منبع تمام وقتی برای پروژه اختصاص دهند.
- استاندارد خوبی از سیستم‌های مدیریت تجهیزات و فرآیندها داشته باشند.
- محدوده‌های ایزوله شده‌ای از فرصت برای بهبود و اثر متوسط روی سودآوری

▪ رکوردهای خوبی از اجرای موفق سیستم‌های جدید و فلسفه‌های مدیریت مدرن داشته باشد.

گزینه ۳- مشاور PMO2000 تنها آموزش را ارائه دهد.

این روش برای شرکت‌های زیر مفید است:

▪ بتواند تیمی از نفرات فنی و مهندسين تمام وقت برای پروژه اختصاص دهند (این معمولاً برای سایت‌هایی

است که گروه یا بخش قابلیت اطمینان تمام وقت داشته باشند)

▪ سیستم‌های مدیریت تجهیز پیشرفته

▪ سودآوری از فعالیتهای مهندسی قابلیت اطمینان پیشرفته

▪ "اجرای تغییر" روشی از زندگی است.

منابع

†Johnson, Laurence P. *"Improving Equipment Reliability and Plant Efficiency through PM Optimization at Kewaunee Nuclear Power Plant"* (paper presented at the SMRP 3rd Annual Conference. Chicago, Illinois, October, 1995).

† † Moubray, John M. *Reliability – centered Maintenance (2nd ed.)*. South Norwalk, CT: Industrial Press, Inc., 1997.

† † † Nowlan, F. Stanley and Heap, Howard F. *Reliability – Centered Maintenance*. National Technical Information Services, U. S. Department of Commerce. Springfield, Virginia, December 29, 1978.