نگهداری و و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان به زبان ساده

Reliability Centered Maintenance: Implementaion made simple

نویسنده : Neil Bloom
مترجمین: مهندس حمیدرضا ماهیدشتی
دکتر سعید رمضانی

مقدمه مترجمین

کتاب نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان به زبان ساده، نوشته نیل بی. بلوم، یکی از آثار برجسته و معتبر در زمینه نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان است. این کتاب به شیوه‌ای ساده و قابل فهم، روش RCM را به دانشجویان و صنعتگران آموزش می‌دهد و با مثال‌های کاربردی، فرایند پیاده‌سازی این روش را تشریح می‌کند. هدف از ترجمه این کتاب، فراهم آوردن منبعی معتبر و با کیفیت برای علاقه‌مندان به روش RCM است. این کتاب می‌تواند به دانشجویان، کارشناسان و مدیران صنایع درک بهتری از مفاهیم و روش‌های نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان بدهد و آنها را در پیاده‌سازی این روش در سازمان‌های خود یاری کند.

به عنوان یک متخصص در حوزه RCM، تجربه‌های بسیاری در زمینه پیاده‌سازی این روش در صنایع مختلف کسب کرده‌ام. این تجربیات نشان داده‌اند که روش RCM می‌تواند به طور قابل توجهی قابلیت اطمینان تجهیزات را افزایش داده و هزینه‌های نگهداری را کاهش دهد. انتخاب این کتاب برای ترجمه به دلیل محتوای ارزشمند و کاربردی آن بوده است که می‌تواند به خوانندگان در پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز روش RCM کمک کند.

کتاب حاضر به تفصیل مباحث مربوط به نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان را پوشش می‌دهد، از جمله تحلیل حالت‌های خرابی و اثرات آن‌ها (FMEA)، تحلیل بحرانی، و استراتژی‌های نگهداری پیشگیرانه و پیش‌بینانه. نویسنده با استفاده از مثال‌های واقعی و کاربردی، فرایند تصمیم‌گیری در RCM را توضیح می‌دهد و نشان می‌دهد که چگونه می‌توان با استفاده از این روش، بهبود مستمر در عملکرد تجهیزات و کاهش خرابی‌ها را تجربه کرد.

فهرست

Contents

پیش گفتار

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان، یا RCM، همانطور که نامیده می شود، دشوار بود. RCM مایهٔ دردسر و اضطراب بود. دست و پا گیر، گرانقیمت و اجرای آن تقریباً غیر ممکن بود. به استفادهٔ من از زمان گذشته در اینجا توجه کنید. پیاده سازی یک برنامهٔ RCM، اغلب در هاله ای از ابهام بوده است و تصویر آن هاله ای از پیچیدگیِ درک به خود گرفته است. من قصد دارم آن را تغییر دهم.

من این کتاب را می نویسم زیرا بیشتر کتاب های دیگر را در این زمینه بسیار دشوار برای درک و حتی دشوارتر برای استفاده به عنوان ابزاری برای اجرا می بینم. RCM یک ابزار قابلیت اطمینان قدرتمند است، اما تا زمانی که غیر کاربرپسند[1] باقی بماند، پتانسیل کامل آن محدود است. این اعتقاد من است که RCM کلاسیک بسیار پیچیده تر از آنچه که لازم است، ساخته شده است. من RCM کلاسیک (RCM ساده نشده) را به زبان ساده توضیح می دهم و برخی از مفاهیم جدید را که قبلاً هرگز شناسایی نشده بوده معرفی می کنم. شما یاد خواهید گرفت که چگونه یک برنامهٔ قابلیت اطمینان برترِ مقرون به صرفه را به راحتی برای کارخانه یا تأسیسات خود، به تنهایی و بدون نیاز به هرگونه متخصص خارجی و بدون نیاز به آموزشی ویژه از هر نوع، پیاده کنید. من واقعاً معتقدم که این کتاب پتانسیلِ تعیین استاندارد جدیدی برای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و قابلیت اطمینان از طریق RCM کلاسیک را دارد.

احتمالاً از خود می پرسید ... «این نویسنده کیست و چگونه می تواند نحوهٔ پیاده سازی RCM کلاسیک را به روشی ساده و واضح و به راحتی قابل درک برای پرسنل غیر فنی علاوه بر پرسنل فنی در سراسر جهان توضیح دهد ؟».

من مسؤول توسعه و مدیریتِ، شاید حتی امروز، یکی از جامع ترین برنامه های RCM کلاسیک که تاکنون اجرا شده بوده ام. آن برنامه، هر سیستم دربردارندهٔ بیش از ۱۲۵۰۰۰ تجهیز جداگانه را در یکی از بزرگترین تأسیسات تولید هسته ای کشور مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. بعضی از ایده ها و مفاهیمی که من در سال ۱۹۹۱ توسعه دادم، اکنون درآخرین استاندارد SAE که در سپتامبر ۱۹۹۹برای RCM منتشر شده مشخص شده اند.

سوابق من

من مدرک لیسانس خود را در رشتهٔ مهندسی مکانیک از دانشگاه میامی دریافت کردم، جایی که در رشتهٔ ثانوی اقتصاد نیز تحصیل کردم. من در برخی از کنفرانس های معتبر ملی و بین المللی سخنران مهمان دربارهٔ

[1] non-user-friendly

RCM بوده ام. این کنفرانس ها عبارتند از مؤسسهٔ تحقیقات انرژی الکتریکی[۱] (EPRI)، انجمن مهندسین مکانیک آمریکا (ASME)[۲]، مؤسسهٔ الکتریک ادیسون[۳] (EEI)، آزمایشگاه ملی آرگون[۴] (ANL) که توسط دانشگاه شیکاگو برای بخش انرژی[۵] (DOE) اداره می شود، انجمن هسته ای آمریکا[۶] (ANS) و آژانس بین المللی انرژی اتمی[۷] (IAEA) در وین اتریش. هیأت کنترل انرژی اتمی کانادا [۸](AECB) درخواست کرد که من شخصاً با برخی از اعضای آن برای بحث در مورد برنامهٔ RCM که من توسعه داده بودم، ملاقات کنم.

حرفهٔ مهندسی و نگهداری و تعمیرات من تقریباً ۴۰ سال است که به هوانوردی تجاری و صنایع انرژی هسته ای تجاری اختصاص داده شده است. هر دوی اینها به بالاترین استانداردهای ایمنی و قابلیت اطمینان نیاز دارند، همانطورکه توسط مقررات بسیار دقیق آنها به وسیلهٔ دولت فدرال از طریق ادارهٔ هوانوردی فدرال[۹] (FAA) و سازمان تنظیم مقررات هسته ای[۱۰] (NRC) مشهود است . من خوش شانس بوده ام که از نزدیک با هردوی این نهادها کار کرده ام.

در سال ۱۹۶۷، به عنوان مهندس سیستم ها در یکی از بزرگترین خطوط هوایی کشور شروع به کار کردم که بیش از ۳۰۰۰۰ کارمند و ناوگانی متشکل از صدها هواپیما داشت. من به سِمت سرپرست تعمیرات متوسط هواپیما پیشرفت کردم و سپس معاون اداری معاونت نگهداری و تعمیرات شدم.

تجربهٔ من شامل مطالعات قابلیت اطمینان گروه هدایت نگهداری و تعمیرات[۱۱](MSG-۲ و MSG-۳) بود که در آن منطق MSG برای RCM پیشرو بود. همکاری نزدیک با سازندگان هواپیما و تأمین کنندگان آنها برای ارتقاء اهداف ایمنی و قابلیت اطمینان، نقش مهمی در ایجاد استراتژی نگهداری و تعمیرات، ایجاد تغییرات در طراحی هواپیما و ارتباط با FAA به عنوان یک رابط داشت. من برنامه های نگهداری و تعمیرات هواپیما را توسعه دادم- از داگلاس DC-۸/DC-۹ و بوئینگ BV۷۰/BV۷۲ تا ایرباس A۳۰۰، لاکهید L۱۰۱۱ و بوئینگ BV۷۵- و همچنین عضو هیأت بررسی نگهداری و تعمیرات[۱۲] (MRB) برای لاکهید L۱۰۱۱ بودم. هوانوردی تجاری جایی است که در آن RCM اولین بار معرفی شد و راه خود را به صنعت انرژی هسته ای در اواسط دههٔ ۱۹۸۰ باز کرد.

---

[۱] Electric Power Research Institute
[۲] American Society of Mechanical Engineers
[۳] Edison Electric Institute
[٤] Argonne National Laboratory
[٥] Department of Energy
[٦] American Nuclear Society
[۷] International Atomic Energy Agency
[۸] Canadian Atomic Energy Control Board
[۹] Federal Aviation Administration
[۱۰] Nuclear Regulatory Commission
[۱۱] Maintenance Steering Group
[۱۲] Maintenance Review Board

با شروع سال ۱۹۸۳، من برای یکی از بزرگترین شرکت های برق کشور در تأسیسات تولید هسته ای آن کار می کردم. من درگیر با مسائل نظارتی NRC ، فعالیت های مهندسی نگهداری و تعمیرات، رویه ها و سیاست ها و شیوه های نگهداری و تعمیرات بودم؛ و از سال ۱۹۹۱ تا زمان بازنشستگی در سال ۲۰۰۴ مدیر مسؤول برنامهٔ RCM و برنامه های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بودم.

هوانوردی تجاری و انرژی هسته ای، که در سلسله مراتب ایمنی و قابلیت اطمینان نسبت به سایر صنایع در درجه اول اهمیت قرار دارد، تجربه و تخصص عملی ویژه ای برای من فراهم کرده است، برای دانستن اینکه چه چیزی را می توان با RCM کلاسیک انجام داد و چه چیزی را نمی توان انجام داد. من می دانم چه چیزی کار می کند و چه چیزی کار نمی کند، چه مشکلاتی وجود دارد و چگونه می توان موانع راه را دور زد. من می دانم چه تغییراتی را می توان برای حفظ همان استحکام فرایند یا حتی بیشتر، در عین به حداقل رساندن بارهای اجرایی انجام داد. من می دانم چه اطلاعاتی برای اجرای یک برنامهٔ موفق کاملاً ضروری است و چگونه این کار را می توان به راحتی انجام داد. من همچنین می دانم که چه بخش هایی از فرایند ضروری نیستند و نباید در فرایند گنجانده شوند.

هر چیزی که در این کتاب توضیح می دهم، کاملاً با روش اصلی MSG و RCM برای خطوط هوایی و آخرین استاندارد SAE حاکم بر RCM (تحت عنوان JA۱۰۱۱) مطابقت دارد، که من با جزئیات در فصول ۳ و۵ توضیح داده ام. در واقع، برخی از ایده های بسیار خاص در برنامهٔ RCM که من در سال ۱۹۹۱ توسعه دادم، اکنون در استاندارد جدید SAE RCM JA۱۰۱۱ تحت عنوان «*معیارهای ارزیابی برای فرایند های RCM*» گنجانده شده است. من و همسرم در ساحل مونارچ کالیفرنیا زندگی می کنیم. شما می توانید با من از طریق ایمیل neilbloom@rcmauthor.com تماس بگیرید.

برخی از بینش های اضافی نویسنده

می خواهم به کار یکی از همکارانم به نام جان موبری، که اخیراً درگذشت، اشاره کنم. من جان را اولین بار وقتی دیدم که در اوایل سال ۱۹۹۱ پس از آگاهی از کار من بر روی RCM در صنعت هسته ای، برای دیدن من به کالیفرنیا آمد. او یک مدافع برجستهٔ RCM بود و تلاش های او کمک کرد که RCM به گونه ای که عادلانه سزاوار آن است، در معرض دید قرار گیرد. من هم مانند جان، یک مدافع RCM کلاسیک در مقابل نسخه های میانبر هستم، اما من معتقدم RCM کلاسیک را می توان با رویکردی بسیار ساده تر به دست آورد. در نهایت، نظراتی که پس از ارائه در کنفرانس نگهداری و تعمیرات و مهندسی تأسیسات کالیفرنیای جنوبی دریافت کردم، دلایل من را برای نوشتن این کتاب تقویت کرد. بسیاری از افراد از صنایع و تأسیسات نسبتاً کوچک و متوسط به من مراجعه کردند و به من گفتند که می خواهند یک برنامهٔ RCM کلاسیک را پیاده سازی کنند، اما شرکت هایشان صدها هزار دلار برای خرج کردن در این برنامه ندارند- و قطعاً نه میلیون ها

دلار مانند صنعت هسته ای. آنها همان تجزیه و تحلیل دقیق را می خواستند، اما باور نداشتند که دانش یا منابع لازم برای اجرای آن را دارند. آنها کتابی می خواستند که بتواند آنها را از طریق فرایند RCM بدون نیاز به صرف مبالغ هنگفتی برای مشاورهٔ تخصصی و بدون اتکاء به صدها پرسنل مهندسی و پرسنل فنی دیگر که در دسترس آنها نبود، راهنمایی کند.

از زمان بازنشستگی در سال ۲۰۰۴، تمام تلاشم را وقف نوشتن این کتاب کردم که تقریباً ۱۴ سال از آن می گذرد. هدف من این است که شما را قادر و توانمند سازم تا یک برنامهٔ RCM کلاسیک برتر را بدون نیاز به صرف زمان و پولِ بی حد وحصر و بدون نیاز به خدمات مشاوران خارجیِ گرانقیمت، آموزش تخصصی یا پشتیبانی دیگر اجرا کنید. من منطق ساده و قابل فهمی را پذیرفته ام، از یک فرایند تصمیم گیری عینی و نه ذهنی استفاده کرده ام و به قابلیت حفظ وضوح مفهومی فرایند اهمیت زیادی داده ام تا سادگی آن را برجسته کنم. اینها همه به طور خاص برای تقویت درک، قابلیت اجرا و مقرون به صرفه بودن RCM طراحی شده اند. وقتی خواندن این کتاب را تمام کردید، قادر خواهید بود یک برنامهٔ قابلیت اطمینان برتر قوی و مقرون به صرفه را ایجاد کنید که تأسیسات شما را ایمن تر، قابل اطمینان تر و مقرون به صرفه تر بسازد. این امر می تواند پیشرفت RCM باشد که شما به دنبال آن بوده اید- و امیدوارم که هر یک از فصول بعدی را مکاشفه ای بیابید. اعتقاد من این است که اگر فرایند RCM کاربرپسندتر شود، صنعت به طور جهانی، پتانسیل دستیابی به سطوح بالاتر ایمنی و قابلیت اطمینان را دارد، همانطورکه پیشگامان آن، استنلی نولان و هوارد هیپ در نظر داشتند.

فصل ۱: مقدمه ای بر **RCM**

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) چیز جدیدی نیست. منطقِ گروه راهبری نگهداری و تعمیرات شرکت های هواپیمایی[۱] ، سَلَف RCM، از اوایل دهۀ ۱۹۶۰ وجود داشته است. استنلی نولان[۲] و هوارد هیپ[۳] از شرکت هواپیمایی یونایتد ایرلاینز[۴]، RCM رسمی را به صنعت هوانوردی تجاری در سال ۱۹۷۸ معرفی کردند. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و قابلیت اطمینانِ خطوط هوایی در درجۀ اول بر اساس کار آنها است، و آنها به عنوان «پدربزرگ»[۵]RCM در نظر گرفته می شوند. چشم انداز آنها امروز به همان اندازه مرتبط است که زمانی که آنها اولین (ومعتبرترین) تفسیر از نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان را در سال ۱۹۷۸ منتشر کردند.

RCM چیزی بیش از یک راه منطقی برای شناسایی این نیست که چه تجهیزاتی در سازمان شما باید بر اساس نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نگهداری شوند، به جای اینکه اجازه دهید خراب شوند و سپس آنها را تعمیر کنید، که معمولاً به عنوان کارکرد-تا-خرابی[۶] (RTF) نامیده می شود. بسیاری از شما عبارات «تا زمانی که خراب نشود درستش نکن» یا «با تلاش برای تعمیر آن خرابش نکن» را شنیده‌اید. ذره ای از حقیقت در این بدیهیات وجود دارد، اما اگر برای دستیابی به سطوح قابلیت اطمینان و ایمنی برای تأسیسات خود تلاش می کنید تا بهترین هایی باشند که می توانند، آنها رویکردی بسیار سطحی را به تصویر می کشند.

بسیاری از کارخانه‌ها و تأسیسات، رویکرد بی برنامه و تصادفی[۷]، یا رویکرد قدیمیِ «قبلاً آن را چگونه انجام می دادیم »[۸]، یا رویکرد کارکردن بر اساس شانس[۹] به نگهداری و تعمیرات را امتحان کرده‌اند. این روش ها فقط تا زمانی که شانس شما تمام شود، و پتانسیل برای فاجعه درست درهمین گوشه و کنار ظاهر شود، شما را راضی خواهند کرد.

در غیاب یک رویکرد RCM ساختار یافته، قابلیت اطمینان صرفاً بر پایۀ تجربۀ شخصی استوار است، با یک استراتژی شامل یک فرآیند تصمیم گیری با بهترین حدس. این رویکرد بسیار کمتر از انتظارات امروزی است.

---

[۱] MSG=Maintenance Steering Group
[۲] Stanley Nowlan
[۳] Howard Heap
[۴] United Airlines
[۵] grandfathers
[۶] run-to-failure
[۷] hit-and-miss approach
[۸] how-we-used-to-do-it
[۹] run-on-luck

بلایا می توانند ناشی از اَعمال طبیعت، خطای انسانی یا خرابی تجهیزات باشند. بلایای ناشی از اَعمال طبیعت مانند طوفان ها، زلزله ها، سونامی ها، گردبادها یا رانش زمین برای رام شدن توسط مداخلهٔ انسان ساخته نشده اند؛ در بیشتر موارد، آنها اجتناب ناپذیر هستند. ممکن است سیستم های هشدار دهنده وجود داشته باشد، مانند شناورهای هشدار سونامی در حاشیه اقیانوس آرام یا استانداردهای ساخت و ساز که به جلوگیری از انبساط حجمی سازه ها در هنگام زلزله کمک می کنند، اما خود این رویداد اجتناب ناپذیر است. از سوی دیگر، خطای انسانی (خطای خلبان، قضاوت خطا، خطای اپراتور، و غیره) طیف وسیعی از دامنهٔ عمل در نادیده گرفتن پتانسیل فاجعه را ارائه می دهد. برخی از ابزارهایی که ممکن است استفاده شود، برای مثال، عبارتند از آموزش بهتر، آیین نامهٔ خاص تر نسبت به انجام یک کار معین، محیط کار ایمن تر و استانداردها و کدهای سفت و سخت تر- که همه اقداماتی هستند که می توان برای جلوگیری از خطای انسانی تا حدی انجام داد.

در مورد بلایایی که در کارخانه‌ها، نیروگاه ها یا تأسیسات دیگر اتفاق می‌افتند که معمولاً منشأ آنها خرابی تجهیزات است، چطور؟ این نوع خرابی ها احتمالاً بیشترین دامنهٔ عمل را از همه برای دور زدن پتانسیل خود برای ایجاد فاجعه ارائه می دهند. هیچ چیز هرگز۱۰۰ درصد قابل اطمینان نیست، خواه هواپیما باشد، شاتل فضایی یا نیروگاه هسته ای. با این حال، بلایای ناشی از خرابی تجهیزات این قابلیت را دارند که مهار شوند تا حدی که امکان نزدیکترین تقریب به ۱۰۰ درصد آستانهٔ قابلیت اطمینان را فراهم کند. این را نمی توان در مورد بلایای طبیعی یا برای آنهایی که توسط انسان ایجاد شده است، گفت .

ما کنترل زیادی بر نحوهٔ نگهداری از تأسیسات و تجهیزات خود برای جلوگیری از خرابی داریم. رویکرد نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه احتمالاً بهترین مسیری است که می توانید برای نزدیک شدن هر چه بیشتر به آن ۱۰۰ درصد آستانهٔ قابلیت اطمینان طی کنید.

تجزیه و تحلیل RCM همچنین این واقعیت را در نظر می گیرد که بودجهٔ نگهداری و تعمیرات نامحدود نیست، و بنابراین مقداری مبنای منطقی برای تصمیم گیری در مورد اینکه چه کاری انجام شود و بیشترین تلاش را کجا صرف کنیم وجود دارد. امروزه تقریباً هرکسی در ساخت، تولید برق، تولید و سایر محیط های فناورانه با واژهٔ RCM آشنا است.

با این حال، میزان آشنایی درک شدهٔ فرد ممکن است کاملاً فریبنده باشد RCM . در مفهوم بسیار ساده است اما همچنین در کاربردش به صورت بسیار پیچیده ای ظریف است. مثل خیلی از فرآیندها، داشتن فقط درک بسیار محدودی از فرآیند RCM ممکن است، در واقع ثابت شده است، که بیشتر مشکل ساز است تا سودمند. سطح راحتی کاذب این باور ساده لوحانه که اجرای سطحیِ این فرآیند نوشدارویی برای مشکلات کارخانه و تجهیزات است، و سپس وابسته بودن به آن فرآیند برای تولید نتایج قابل اطمینان قابل توجه، غیر واقعبینانه است .

درکی از RCM که بسیاری از ما داریم، از خواندن کتاب ها و مقالات در این زمینه یا از بازارگرمی مشاوران سرچشمه می گیرد. اغلب این اطلاعات محدود است و شامل اصطلاحاتی مانند مرزها[۱]، کارکردها[۲]، رابط ها[۳]، خرابی های کارکردی[۴] و غیره می شود. به طور خاص تر، این اصطلاحات باید شامل : ایجاد مرزهای سیستم[۵]، مرزهای زیر سیستم[۶]، رابط های درون سیستمی[۷]، رابط های درون سیستم به بیرون از آن[۸]، رابط های خارج از سیستم به درون آن[۹]، کارکردهای سیستم[۱۰]، کارکردهای زیرسیستم[۱۱]، خرابی های آن کارکردهای زیرسیستم[۱۲]، پیامدهای آن خرابی های کارکردی[۱۳] و غیره باشند . ذکر بسیار این عبارات احتمالاً باعث ایجاد یک نگاه استفهام آمیز فوری در چهره شما شده است، و درست هم است. اینها برخی از دلایل بسیاری هستند که چرا پیاده سازی RCM بسیار دشوار بوده است . فصل های ۲ و ۳ توضیح می دهند که چرا بخش زیادی از کل این فرآیند دست و پا گیر حتی مورد نیاز نیست.

درک معنادارتر از قابلیت اطمینان می تواند به سرعت با تأمل کامل در مورد برخی از مفاهیمی که من در این کتاب معرفی می کنم، آشکار شود. من این مفاهیم را به خاطر مشکلی که بارها و بارها در سطح انواع مدیریت متوسط و ارشد در تلاش برای درک فرآیند RCM شاهد آن بودم، توسعه دادم. این علم موشک نیست، اما پیچیده و ظریف است.

شناخت حالت های خرابی پنهان، درک زمانی که یک تجزیه و تحلیل تک خرابی[۱۴] قابل قبول نیست، و دانستن زمانی که کارکرد-تا-خرابی قابل قبول است، سنگ بنای واقعی RCM هستند. علاوه بر این، تمایز حساب شده اما بسیار مهم بین افزونگی واقعی و تجهیزات افزونه که یک کارکرد آماده به کار یا پشتیبان را برآورده می کنند، کلید موفقیت در قابلیت اطمینان است.

اگرچه استنلی نولان و هوارد هیپ اهمیت زیادی به اصل «خرابی های پنهان»[۱۵] دادند، متأسفانه خرابی های پنهان به طور گسترده درک نمی شوند و اغلب نادیده گرفته می شوند. تقریباً همه اصطلاح خرابی پنهان را

---

[۱] boundaries
[۲] functions
[۳] interfaces
[۴] functional failures
[۵] establishing system boundaries
[۶] subsystem boundaries
[۷] in-system in-interfaces
[۸] in-system out-interfaces
[۹] out outsystem in-interfaces
[۱۰] system functions
[۱۱] subsystem functions
[۱۲] failures of those subsystem functions
[۱۳] consequences of those functional failures
[۱۴] single-failure analysis
[۱۵] hidden failures

شنیده اند. با این حال، آنچه من دریافتم این است که افراد بسیار کمی تفاوت بین یک سیستم افزونه[۱]، یک سیستم پشتیبان[۲]، و یک سیستم آماده به کار[۳] و چگونگی تأثیر خرابی های پنهان آنها را درک می کنند.
به خوبی درک نشده است که ظرافت های مختلف، که ممکن است شرایط عملیاتی یکسان به نظر برسند، می تواند باعث نتایج متفاوتی شود که منجر به طبقه بندی یک تجهیز به عنوان فوراً بحرانی[۴] یا کارکرد-تا-خرابی شود .
بسیاری از تأسیسات خدمات رفاهی و سایر صنایع شکل های مختلفی از یک برنامهٔ RCM را اجرا کرده اند، فقط برای پی بردن به اینکه آنها همچنان مسائل اساسی قابلیت اطمینان را داشته اند، که توسط تحلیل آنها مورد توجه قرار نگرفته است. دلیل اصلی آن، فقدان یک درک فلسفی ریشه ای از اصول حاکم بر تجزیه و تحلیل است.

۱-۱- کشف ابهام و راز و رمز RCM

در ارائه های من در کنفرانس های مختلف نگهداری و تعمیرات و مهندسی در سراسر کشور، متوجه شده ام که «ابهام» یا رمز و راز خاصی مرتبط با اجرای یک برنامهٔ RCM وجود دارد. به نظر می رسد بیشترِ این ابهام در زمان تلاش برای تجزیه و تحلیل تجهیزات افزونه، شناسایی خرابی های پنهان، به کارگیری یک استراتژی کارکرد-تا-خرابی، تعیین اینکه که چه زمانی یک تجزیه و تحلیل تک خرابی قابل قبول است، و تصمیم گیری دربارهٔ اینکه چه زمانی (اگر نه چرا) تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه[۵] مورد نیاز است، به وجود می آید. من به وضوح تفاوت بین این اصطلاحات و اینکه هر یک در چه مرحله ای قابل اجرا است، را ترسیم می کنم. در فصل ۳ ، من مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی[۶] خود، «قانون کانُن»[۷] خود برای کارکرد-تا-خرابی، و چگونگی تمایز بین زمانی که می توان از تجزیه و تحلیل تک خرابی به جای تجزیه و تحلیل چند خرابی استفاده کرد، را توضیح می دهم. همچنین تجزیه و تحلیل پیامدهای خرابی[۸] (***COFA***) به شما معرفی خواهد شد. شما درخواهید یافت که این مفاهیم ابزار بسیار قدرتمندی هستند؛ با این حال، آنها کاملا ساده و سرراست هستند. درک این مفاهیم آسان شده است، زیرا آنها ساختار اصلی برای اجرای موفقیت آمیز یک برنامهٔ RCM را تشکیل می دهند. اینها مفاهیمی هستند که من ایجاد کرده ام و مستقیماً از ، با این حال فراتر بروید، کار استنلی نولان

[۱] redundant system
[۲] backup system
[۳] standby system
[۴] immediately critical
[۵] multiple-failure analysis
[۶] *potentially critical components*
[۷] *canon law*
[۸] *consequence-of-failure analysis*

و هاوارد هیپ سرچشمه می گیرند. این مفاهیم قبل از نوشتن این کتاب من، به وضوح مورد حمایت قرار نگرفته اند، به همین دلیل است که عنوان آن «نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان به زبان ساده »[۱] است .

در چند سال گذشته نسخه های متعددی از فرآیند RCM تکامل یافته است. آنها را ساده شده[۲]، کوتاه شده[۳]، میانبر[۴]، مختصر شده[۵] و غیره نامیده اند. اعتقاد نویسنده این است که تنها یک فرآیند RCM واقعی وجود دارد، و آن فرآیند RCM کلاسیک[۶] است. نسخه‌های دیگر کوتاه شده تنها به دلیل دشواری و هزینه در تلاش برای اجرای نسخهٔ کلاسیک تکامل یافته‌اند. همچنین اعتقاد من این است که این نسخه های دیگر به شما یک برنامهٔ جامع قابلیت اطمینان نمی دهند، زیرا بسیاری از کارکردهای مهم و پیامدهای بالقوهٔ خرابی از دست خواهد رفت. در واقع، حتی ممکن است حوادث ناگوار جدی به عنوان یک نتیجه رخ بدهد. من در فصل ۵ به طور مفصل در مورد کاستی های نسخه های سادهٔ فرایند بحث می کنم. در سراسر این کتاب، هر زمان من به RCM اشاره می کنم، این نسخه کلاسیک است که به آن اشاره می کنم مگر این که خلاف آن قید شود.

برای آشنایی با رویکرد میانبر و رویکرد کلاسیک، من آن را با قیاس زیر مقایسه می کنم. . . . فرض کنید یک فرد در روز دو بسته سیگار می کشید. کاهش به یک بسته در روز نتیجه بهتری می داشت. با این حال، اگر آن شخص بسته های خود را به صفر در روز کاهش می داد، حتی نتیجه بهینه تری ارائه می داد. حال اگر کاهش بسته ها به صفر بسته در هر روز تقریباً به همان تلاشی نیاز داشت که کاهش به یک بسته در هر روز، یا حتی احتمالاً تلاش کمتری، فکر می کنید کدام یک بهتر است ؟ در حالی که RCM ساده شده بهتر از نداشتن هر پایه ای برای برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شما است، هنوز هم با یک فلسفهٔ پات پوری گلچین کردن[۷] مساوی است، و نسخه های ساده شده آن چالش های بی خطر را که به طور بالقوه کارخانه یا تأسیسات شما را به خطر می اندازند، پوشش نخواهد داد. یک فرآیند RCM خلاصه شده نمی تواند آن نتیجه بهینه را فراهم کند، مانند فرد سیگاریِ صفر بسته در روز که به طور مطلوب نتایج خود را بهبود بخشیده است. رویکرد به RCM کلاسیک که آن را یاد خواهید گرفت، فرصت بیشتری برای دستیابی به آن نتیجهٔ بهینه فراهم می کند و هر چند ممکن است تعجب آور به نظر برسد، دیگر زمان یا هزینه نمی برد؛ به احتمال زیاد، حتی به تلاش کمتری نسبت به آن میانبرها نیاز خواهد داشت.

به یاد داشته باشید، این بدیهیات نیست که بزرگترین پتانسیل را برای فاجعه ایجاد می کند. این غیر آشکار است ! RCM ساده شده به طور قوی عواقب خرابی غیر آشکار را مشخص نخواهد کرد. فقط RCM کلاسیک

---

[۱] Reliability Centered Maintenance: Implementation Made Simple
[۲] streamlined
[۳] abbreviated
[۴] shortcut
[۵] truncated
[۶] classical RCM process
[۷] pick-and-choose potpourri philosophy

فرصت را برای یافتن آن نسبتاً ناشناخته ها ارائه می دهد، و آنچه ممکن است تجهیزات غیرحیاتی به نظر برسد، در واقع می تواند برخی از مهم ترین ها عواقب ناشی از خرابی را در بر داشته باشد. خواهید دید که چقدرRCM کلاسیک می تواند تقریباً در همان زمان، یا کمتر از نسخه های ساده شده قابل دستیابی باشد. این مورد در فصل های ۳ و ۴ و ۵ به تفصیل بحث شده است.

برخی از کتاب های RCM و سایر راهنماهای RCM ممکن است شما را به سمت این باور هدایت کنند که آنچه که سیستم ها وتجهیزاتِ «کمتر مهم»[۱] به نظر می رسد مانند سیستم آبِ سرویس[۲]، به صورت خودکار و بدون نیاز به تجزیه و تحلیل بیشتر کارکرد-تا-خرابی هستند، که ممکن است در مورد کسانی که از یک رویکرد RCM ساده شده حمایت می کنند، چنین باشد. هیچ چیز نمی تواند شما را بیش از رفتن در این جهت، از دستیابی به قابلیت اطمینان دورتر کند. به عنوان نمونه، برای سال ها تجهیزات هسته‌ای مرتبط با ایمنی[۳] یا غیر مرتبط با ایمنی[۴] در نظر گرفته می‌شدند و توسط کلاس کیفیت[۵] خود شناسایی می شدند، که بسته به اینکه آیا آنها بخشی از سیستم مرتبط با ایمنیِ تأمین بخار هسته ای[۶] (NSSS) هستند یا سیستم غیر مرتبط با ایمنیِ تعادل کارخانه[۷](BOP)، از کلاس Q۱ تا کلاس Q۴ متغیر بود.

من که قبل از تجربهٔ هسته ای از یک پیشینهٔ هواپیمایی آمده بودم، می دانستم که با همهٔ تجهیزات باید به طور یکسان برخورد شود، با تجزیه و تحلیلی بسیار دقیق بر این سؤال که « پیامد خرابی چیست ؟»، صرف نظر از هر شجرهٔ از پیش تعیین شده ای از اهمیت نسبی یک سیستم یا تجهیز معین. برنامهٔ RCM که من در اوایل دههٔ ۱۹۹۰ توسعه دادم، از آن آزمون عمومی نمایانگرِ مرتبط با ایمنی در مقابل غیرمرتبط با ایمنی استفاده نمی کرد، اما درعوض بدون در نظر گرفتن هرگونه شجره نامهٔ دیگرِ قرار داده شده بر روی تجهیز، پیامد خرابی را به صفر رساند. این یک خروج عمده از فرآیند فکر هسته ای موجود در آن زمان بود. سپس، در اواخر دههٔ ۱۹۹۰، کمیسیون تنظیم مقررات هسته ای[۸] (NRC)، به اعتبار خود ، دستورالعمل های بعدی را ایجاد کرد که الزام می کرد تجهیزات غیر مرتبط با ایمنی برای پیامد خرابی خود تجزیه و تحلیل شوند. حتی امروزه بسیاری از مهندسین قابلیت اطمینان و دیگر متخصصان هنوز هم این حقیقت نسبتاً ساده را درک نمی کنند که همه تجهیزات مهم فرض می شوند، مگر اینکه خلاف آن از طریق یک تحلیل جامع ثابت شده باشد.

برای توضیح بیشتر نظر من، سیستم آب سرویس در یک کارخانه ممکن است در نگاه اول به راحتی فرد را به این باور برساند که این آب سرویس عرضه شده فقط برای دستشویی ها و آبنماها می باشد و بنابراین بی اهمیت

---

[۱] less-important
[۲] service water
[۳] safety-related
[۴] non-safety-related
[۵] *quality class*
[۶] safety-related nuclear steam supply system
[۷] non-safety-related balance-of-plant
[۸] Nuclear Regulatory Commission

و احتمالاً یک سیستم کارکرد- تا-خرابی است. منبع اولیهٔ آب سرویس معمولاً آب محلی ناحیه است. با این حال، هنگامی که به یک شماتیک آب سرویس خاص به طور دقیق و با جزئیات نگاه می کنید، مشخص می شود که یک شیر یکطرفه واحد وجود دارد که کارکرد آن نه تنها تضمین تداوم عرضهٔ آبِ سرویس به دستشویی ها و آبنماها بوده است، بلکه همچنین مسیری را برای جریان آب آب بندی به یاتاقان های همهٔ هشت پمپ آب گردشی کندانسور در صورت شکستن خط آب شهر فراهم می کند. چهار پمپ آب گردشی در هر واحد وجود دارد، به این معنی که خرابی یک تجهیز بی ضرر در سیستم نسبتاً پیش پا افتادهٔ آب سرویس، تحت شرایط درست(یا مناسب تر، شرایط نادرست)، احتمالاً می تواند منجر به خاموش شدن یک واحد دوگانه شود. بکارگیری تکنیک های ساده شده و ایجاد فرضیات اشتباه این کارکرد حیاتی را به طور کامل از دست می داد. بنابراین این تجهیز خاص در سیستم آب سرویس بحرانی بود نه کارکرد-تا-خرابی .

مهم است که هیچ سیستمی به طور خودکار از تجزیه و تحلیل نادیده گرفته نشود. اگرچه من نمی گویم که، در برخی موارد، تجربهٔ داخلی ممکن است ظاهراً نادیده گرفتن یک سیستم را توجیه کند، این کار باید تنها پس از تجزیه و تحلیل انجام شود تا مطمئن شوید که چیزی نادیده گرفته نشده است. هر تجهیز (سوئیچ، پمپ، شیر، موتور و غیره) باید بررسی شود. هر تجهیز به دلایلی در طراحی تأسیسات شما گنجانده شده است. وگرنه چرا آنجاست ؟ به یاد داشته باشید، همانطور که در فصل ۳ بحث می کنم: این خرابیِ آشکار نیست که همه دربارهٔ آن می دانند، بلکه این خرابیِ غیرآشکار است که فاجعه بارترین تهدید را برای تأسیسات شما ایجاد می کند. اگر شما هر تجهیز را به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل نکنید، فرصت شناسایی آن حالت های خرابی غیر آشکار را از دست خواهید داد.

برخی از متخصصان RCM، حتی از قانون ۲۰/۸۰ یا رونوشتی از آن حمایت کرده‌اند که تنها به ۲۰ درصد از یک کارخانه نگاه می کند و ۸۰ درصد دیگر را نادیده می گیرد. با انجام این کار، به احتمال زیاد به اهداف قابل اطمینانی که به دنبال آن هستید دست نخواهید یافت. آن تجهیزات بی ضرری که ممکن است کارکرد آنها غیر مهم تصور شود، در واقع ممکن است پیامدهای خرابی پنهان تحلیل نشده داشته باشند که در حالت «سلول مخفی»[۱] باقی می مانند و فقط منتظرند که خود را نشان دهند و تأسیسات شما را ویران کنند. در فصل۳ می بینید که این حالت های خرابی سلول مخفی واقعاً چگونه کار می کنند و برای آنها چه آسان است که بلایی را به درگاهت بیاورند، مانند اسب تروا در اساطیر یونان.

من حتی دیده ام که در جایی قانون ۲۰/۸۰ مبتنی بر تعداد رویدادهای نگهداری و تعمیرات اصلاحی[۲](CM) بود. به دلیل عدم دقت در شمارش خودسرانهٔ تعداد درخواست های نگهداری و تعمیرات اصلاحی بدون توجه به اهمیت نسبی آن CM ها، این یک معیار کاملاً گمراه کننده خواهد بود. یک تجهیز بسیار حیاتی ممکن

[۱] sleeper cell

[۲] corrective maintenance

است CM های بسیار کمی داشته باشد، در حالی که یک تجهیز کمتر حیاتی ممکن است CM های زیادی داشته باشد. باز هم، یک روش نه چندان خوب برای شناسایی جمعیت تجهیزات مهم RCM .

یک روزنامهٔ برجسته اخیراً تیتر نسبتاً ناخوشایند اما تکان دهنده ای زده است، مثالی از چگونگی شروع یک تجزیه و تحلیل RCM بدون درک مفاهیمی که در مورد آن در این کتاب خواهید آموخت که در واقع می تواند منجر به یک نتیجهٔ فاجعه آمیز شود. تلاش ظاهراً ناقص RCM در یک پارک موضوعیِ[۱] اصلی از یک شرکت مشهور جهانی منجر به توجه و تبلیغات ناخواستهٔ بین المللی شد، به دلیل مشکلات تجهیزات مکانیکی در یکی از جاذبه های سواری آن که در نهایت منجر به مرگ شد. مفاهیم کارکرد-تا-خرابی، افزونگی، و تجهیزات بالقوه حیاتی ظاهراً به خوبی درک نشده بودند.

RCM دارای سه مرحله است. اغلب اوقات این سه مرحله با هم ترکیب می شوند، اما این تنها منبع دیگری از سردرگمی ایجاد می کند. اولین مرحله که مهمترین است، شناسایی تجهیزاتی است که نیاز به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه[۲] دارند. مرحله بعدی مشخص کردن انواع مختلف فعالیت ها و وظایف نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است، از جمله تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیش بینانه[۳](PdM) که باید روی تجهیزات شناسایی شده انجام شود. سومین مرحله حصول اطمینان از انجام درست و به موقعِ وظایف نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است که مشخص شده اند. این مراحل جداگانه و مجزا در فصل ۳ مورد بحث قرار گرفته است.

بیایید با تعریف نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان شروع کنیم :

مجموعه ای از وظایف ایجاد شده بر اساس ارزیابی سیستماتیک که برای توسعه یا بهینه سازی یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات استفاده می شوند. RCM منطق تصمیم گیری را برای شناسایی پیامدهای ایمنی و عملیاتی خرابی ها در خود جای می دهد و مکانیسم های مسؤول را برای آن خرابی ها شناسایی می کند.

این ممکن است کلمات زیادی برای توصیف یک فرایند منطقی ساده و سرراست به نظر برسد، چگونه و چرا این فرایند منطقی به وجود آمد ؟

۱-۲- پیشینهٔ RCM

در سالهای اولیهٔ هوانوردی جت تجاری، سازندگان هواپیما و شرکت های هواپیمایی خصوصی معتقد بودند که اگر یک هواپیما در یک بازهٔ زمانیِ معین تعمیرات اساسی و کاملاً از هم گسسته شد، تقریباً سیستم به سیستم و تجهیز به تجهیز، پس از رها شدن از آشیانه علیرغم نیاز ضروری به فعالیت های نگهداری و تعمیرات عادی[۴]،

---

[۱] theme park
[۲] preventive maintenance
[۳] predictive maintenance
[۴] intermediate maintenance

تا تعمیرات اساسیِ[۱] بعدی به طور کاملاً قابل اطمینان عمل می کند. بیشتر تجهیزات به طور کامل تعمیرات اساسی می شدند، چه به آن نیاز داشتند و چه نه. آنچه سازندگان هواپیما و مشتریان آنها (به عنوان مثال، خطوط هوایی) دریافتند این بود که سطوح مورد انتظار از قابلیت اطمینان هنوز دور از دسترس بود. بنابراین آنها معتقد بودند که اگر این تعمیرات اساسی را به دفعات بیشتری انجام دهند، مطمئناً سطوح قابل اطمینانی که به دنبال آن بودند، حاصل خواهد شد. در نتیجه، دورهٔ تناوب[۲] تعمیرات اساسی کاهش یافت. توجه داشته باشید که من از کلمه دورهٔ تناوب استفاده کردم نه فرکانس . من این کار را انجام می دهم تا از نظر فنی درست باشد. دورهٔ تناوب شامل فرکانس به علاوه بازه[۳] است. به عنوان مثال، یک دورهٔ تناوب ۲A شامل فرکانس سالانهٔ « A» به اضافه بازهٔ «۲» است، یعنی این کار هر دو سال یکبار انجام می شود. استفاده از فرکانس به تنهایی می تواند گمراه کننده باشد. به عنوان مثال ، افزایش فرکانس از هفتگی به ماهانه به این معنی است که فعالیت را با دفعات کمتری انجام می دهید، که به موجب آن دورهٔ تناوب افزایش می یابد. برعکس، کاهش فرکانس از ماهانه به هفتگی به این معنی است که شما کار را به دفعات بیشتری انجام می دهید، که در نتیجه دورهٔ تناوب کاهش می یابد .

بار دیگر، یک هواپیمای کامل و تقریباً تمام اجزای آن با دورهٔ تناوب کمتری (دفعات بیشتری) از هم گسسته شد و دوباره برای هفته ها در آشیانه باقی ماند و هیچ درآمدی نداشت. پس از رها شدن از آشیانه، سطح قابلیت اطمینان مورد انتظار هنوز به دست نیامده بود و در واقع حتی کمتر از انتظار بود. این ناهنجاری، محیطی را ایجاد کرد که اولویت بندی را به وجود آورد و منجر به کار نولان و هیپ شد. آنها شروع به درک این موضوع کردند که حفظ کارکردهای تجهیزات حیاتی به جای از هم گسستن تصادفی و خودسرانهٔ یک هواپیمای کامل، کلید قابلیت اطمینان است. آن ها همچنین متوجه شدند که تعمیرات اساسی بی هدف و کورکورانهٔ تجهیزات در واقع اثر معکوس منفی بر قابلیت اطمینان دارد، زیرا احتمال خرابیِ تجهیزات تازه جایگزین شده به دلیل خرابی های زودرس خرابی های پس از راه اندازی افزایش یافته بود.

یکی دیگر از پدیده های جالبی که آنها پیدا کردند این بود که تجهیزات مشابه در طول زمان به شیوه ای یکسان فرسوده نشدند. در واقع، نولان و هیپ این را نشان دادند که فقط تقریباً ۱۱ درصد از تمام تجهیزات دارای نرخ فرسودگی بودند که برای جایگزینی در یک دوره زمانی معین مناسب بودند. این به این معنی بود که تقریباً ۹۰ درصد از تمام تجهیزات دیگر به طور تصادفی خراب می شدند. بنابراین تعمیرات اساسی برنامه ریزی شده برای این گروه دارای نتیجهٔ معکوس بود. این موضوع در فصل ۶ به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است .

---

[۱] overhaul
[۲] periodicity
[۳] interval

همچنین مشخص شد که یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات نمی تواند نقائص موجود در سطوح ایمنی و قابلیت اطمینان ذاتی[۱] تجهیزات را بر طرف کند. این برنامه فقط می تواند از کاهش این سطوح ذاتی جلوگیری کند. اگر سطوح قابلیت اطمینان ذاتی رضایت بخش نباشد، یک اصلاح طراحی ممکن است برای به دست آوردن هر گونه بهبود بیشتر لازم باشد.

من همچنین می خواهم یادآوری کنم که فرآیند RCM باید یک فرایند «پویا»[۲] باقی بماند. فرایند RCM هرگز ایستا نیست. حالت های خرابی جدید ممکن است آشکار شوند و اطلاعات اضافی نسبت به عملکرد تجهیزات ممکن است در هر زمان خود را نشان دهند. اغلب اوقات، دوره های تناوب برنامه ریزی شده برای برخی از فعالیت هایPM ممکن است نیاز به تنظیم داشته باشند. دوره های تناوب ممکن است نیاز به افزایش یا کاهش داشته باشند. فعالیت های تازه شناسایی شده ممکن است نیاز به اضافه شدن داشته باشند ، در حالی که فعالیت های دیگر ممکن است نیاز داشته باشند بر اساس شرایط عملیاتی جدید یا متفاوت یا اصلاحات کارخانه حذف شوند. در فصل ۸ ، به شما نشان می دهم که چگونه یک «برنامه پویای» بسیار مؤثر اما ساده را ایجاد کنید. این کار شامل یک حلقهٔ بازخوردی از استادکاران خواهد بود که به نظر من بخشی بسیار مهم از فرآیند پویا است زیرا به حفظ حیات برنامه کمک می کند. من همچنین به شما نشان می دهم که چگونه یک برنامهٔ "« نظارت و روندیابی»[۳] ایجاد کنید که مجموعه ای از پارامترها و معیارها را برای نظارت بر اثربخشی برنامهٔRCM شما در خود جای داده است . این برنامه به طور کامل در فصل ۹ مورد بحث قرار گرفته است.

اگرچه RCM منشأ خود را در هوانوردی تجاری داشت، به یاد داشته باشید که این یک فرآیند قابلیت اطمینان جهانی است که درست به همان اندازه برای یک کارخانهٔ کفش قابل اجرا است که برای یک نیروگاه هسته ای یا هواپیمای جت تجاری. یک فرآیند RCM مؤثر به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما امکان می دهد از یک سطحِ در درجهٔ اول مبتنی بر توصیه های فروشنده، انتخاب تصادفی یا انتساب دلخواه، به سطحی بر اساس اصول محتاطانه تر مانند تجزیه و تحلیل کارکردی تجهیز و شناسایی هر کدام از پیامدهای بعدیِ ایمنی یا عملیاتی برای تأسیسات شما به عنوان نتیجهٔ خرابی کارکردیِ تجهیز ارتقاء پیدا کند. این کار اطمینان بیشتری فراهم خواهد کرد که برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما فقط شامل آن دسته از فعالیت هایی است که به طور خاص برای عملکرد ایمن، قابل اطمینان و کارآمد کارخانه مورد نیاز است و هر کدام از کارهای غیر ضروری حذف شده است.

برنامه ریزیِ فعالیت های غیر ضروری PM با توجه به بارهای سنگینی که بر دوش هم پرسنل عملیات و هم پرسنل نگهداری و تعمیرات قرار می دهد، در واقع ممکن است منجر به کاهش قابلیت اطمینان کلیِ کارخانه

---

[۱] inherent safety and reliability levels

[۲] living

[۳] monitoring and trending program

شود. این بارهای اضافی که شامل آویزان کردن و برداشتن برچسب های تجهیزات، ارائهٔ مجوزها، ردیابی PM ها، نظارت بر فعالیت های کاری و غیره است، همه به کاهش غیر ضروریِ منابع موجود کمک می کنند.

۱-۳- یک رویکرد جدی به RCM[۱]

این یک کتاب رک و جدی است به این معنا که من در مورد قوانین فیزیک و ترمودینامیک، خواص متالورژی مواد، مطالعات احتمالی، توزیع پواسون، دلایل نظری برای داشتن یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا تاریخ عمیق جامعه و رابطهٔ آن با نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه صحبت نمی‌کنم. همچنین من عمداً از هر اطلاعات رمزگونهٔ دیگری اجتناب می کنم که به نظر من مستقیماً درک سادهٔ RCM را ترویج نمی دهد.

در عوض، این کتاب برای کسانی است که مسؤولِ تضمین قابلیت اطمینان کارخانه یا تأسیسات خود هستند که می خواهند به راحتی از این اطلاعات برای توسعهٔ یک برنامهٔ قابلیت اطمینان برتر بر اساس اصول RCM استفاده کنند. هدف این است که یک کتاب خودآموز برای کسانی باشد که می خواهند یک برنامهٔ مقرون به صرفه را بدون نیاز به مشاوران خارجی و بدون نیاز ضمنی به الزام برای اخذ یک مدرک مهندسی برای درک و صحبت کردن این زبان اجرا کنند. تنها ارجاع جانبی به تجارت که من به آن اشاره می کنم این است که چگونه قابلیت اطمینان مستقیماً سود خالص شرکت را تحت تاثیر قرار می دهد.

۱-۴-RCM به عنوان یک عامل اصلی در سود نهایی[۲]

دنیای شرکت های امروزی برخی از پیچیده ترین ها استراتژی هایی که تاکنون برای دستیابی به موفقیت تجاری گردآوری شده اند، را به کار می گیرد. یکی از این استراتژی‌ها برای صنایع خارج از هوانوردی تجاری و انرژی هسته ای نسبتاً جدید است. من این فرآیند را یک استراتژی قابلیت اطمینان دارایی[۳] می نامم. این موضوع را در فصل ۵ به تفصیل توضیح می دهم.

مدیریت دارایی[۴] یکی از بسیاری از واژه های مصطلح شرکتی مورد استفاده امروزی است. برخی از واژه های مصطلح قبلی هم افزایی[۵]، بهینه سازی هم افزا[۶]، مهار هزینه[۷]، دارایی های استراتژیک[۸]، برنامه ریزی استراتژیک[۹]و غیره بودند. این واژه‌ها و هرگونه واژه‌های رایجی از این قبیل در آینده یک چیز مشترک دارند :

---

[۱] A No-Nonsense Approach to RCM
[۲] Bottom Line
[۳] *asset reliability strategy*
[۴] Asset management
[۵] *synergy*
[۶] *synergistic optimization*
[۷] *cost containment*
[۸] *strategic assets*
[۹] *strategic planning*

همهٔ آنها به حفظ دارایی های شرکت بستگی دارند. بیش از هر زمان دیگری، سود خالص یک شرکت به قابلیت اطمینان خروجی آن وابسته است. منظورم از سطوح قابلیت اطمینان به حداقل رساندن هرگونه تأخیر برنامه ریزی نشده در تولید[۱]، حفظ ظرفیت تولید[۲]، اطمینان از ایمنی پرسنل و کارخانه و جلوگیری از هر گونه مسائل نظارتی یا زیست محیطیِ ناخواسته[۳] در ایجاد تبلیغات و یا دعوی قضاییِ ناخواسته است. در اصل، مدیریت دارایی، یا هر آنچه در آینده ممکن است نامیده شود، متکی بر یک رویکرد RCM به عنوان هستهٔ اصلی برای شناسایی کارکردهای تجهیزات است که باید برای حفاظت از دارایی های شرکت حفظ شود و جریانِ درآمد بی وقفه و مستمر شرکت را تضمین کند.

سازمان تعمیر و نگهداری دیگر به وضعیت تیم دوم[۴] پشت فروش، بازاریابی و امور مالی تنزل داده نمی شود. این قطعاً یک تغییر فرهنگی است که در مجتمع صنعتی جهانی اتفاق می افتد که اهمیت سازمان نگهداری و تعمیرات را به عنوان بخشی از تیم شاخص شرکت بالا می برد. به هر حال، این شرکت های صنعتی بدون یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه درجهٔ یک برای تضمین بهره برداری قابل اطمینان از تأسیسات کجا خواهند بود ؟ وقتی در مورد یک کارخانه یا تأسیسات صحبت می کنم، در مورد هر نوع کارخانه یا تأسیساتی صحبت می کنم، خواه یک نهاد خصوصی باشد یا دولتی. این می تواند یک تأسیسات تولید برق باشد، شبکهٔ انتقال و توزیع نیروی برق، یک کارخانهٔ کفش، یک تراشه ساز، یک تولید کنندهٔ کامپیوتر، یک تأسیسات معدنی مس، یک پالایشگاه نفت، یک سکوی نفتی فراساحلی، یک روزنامهٔ روزانه، یک کارخانهٔ کاغذ، یک خط مونتاژ خودرو، یک تأسیسات تولید موشک یا تسلیحات، شاتل فضایی، صنعت هوافضا، یک کارخانهٔ تولید دفاع نظامی، یک بیمارستان، یک کشتی کروز، یک کارخانهٔ شیمیایی- به عبارت دیگر، هر موجودیتی که محصولی را تولید می کند یا یک خروجی را تولید می کند در جایی که ایجاد وقفه های برنامه ریزی نشده در عملیات یا بدتر از آن، یک فاجعهٔ ناخواسته قابل قبول نیست.

من این کتاب را برای استفادهٔ جهانی می نویسم : آن برای هر نوع صنعت، با هر اندازه (بزرگ یا کوچک)، و برای هر تعداد کارکنانی از نوع قابلیت اطمینان قابل اجرا است. در یک منتها، البته یک نیروگاه هسته ای قرار دارد با چند صد پرسنل مهندسی، نگهداری و تعمیرات و عملیات که مسؤول قابلیت اطمینان هستند. در منتهای دیگر، یک تأسیسات تولیدی کوچک با تنها تعداد انگشت شماری از پرسنلِ مسؤول قابلیت اطمینان قرار دارد. مفاهیم و فرآیند پیاده سازی RCM که من شما را از طریق آن هدایت خواهم کرد، یکسان هستند. همچنین قصد دارم این کتاب منبع اطلاعاتی برای دانشجویان مهندسی و مدیریت بازرگانی باشد که حداقل باید دانش کاری در مورد اصول قابلیت اطمینان کارخانه و تجهیزات واقعی داشته باشند تا به همراه تئوری که

---

[۱] unplanned production delays
[۲] maintain generation capacity
[۳] unwanted regulatory or environmental issues
[۴] second-team status

یاد می گیرند پیش بروند، از آنجایی که سودهای خالص شرکتی مستقیماً تحت تأثیر میزان قابلیت اطمینانی است که یک تأسیسات با آن نگهداری می شود.

من توضیح می‌دهم که چرا RCM چنین سابقه بدی برای پیاده سازی سخت داشته است. تاکنون دانش مورد نیاز برای اجرای یک برنامه RCM به نوعی مرموز و مبهم بود و بسیاری معتقد بودند که این امر مستلزم تخصص مشاوران است. من قصد دارم این هالۀ پیچیدگی را حذف کنم تا هر کسی که فقط هوش فنی متوسطی داشته باشد، بتواند یک برنامۀ RCM برتر را اجرا کند و قادر به درک تمام اصول اولیۀ فرایند باشد. من این کتاب را به صورت یک راهنمای کاملاً جامع وخودکفا برایRCM طراحی کرده ام، نه تنها از نقطه نظر تجزیه و تحلیل بلکه همچنین با شناسایی تله هایی که باید از آنها اجتناب کرد، از طریق معرفی مفاهیم جدیدی که RCM را ساده می کند، با بحث دربارۀ ابزارهای غیرپیچیده ای که برای شروع تجزیه و تحلیل نیاز دارید، با توضیح گام به گام فرآیند منطقی پیاده سازی RCM همراه با مثال های واقعی و توضیح گام به گام استراتژی های فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، با توضیح چگونگی ایجاد یک برنامۀ پویایRCM، با توضیح نحوۀ نظارت و روندیابی عملکرد برنامۀ RCM خود، و با دانستن اینکه چه زمانی به نقطۀ تعادل بهینۀ تلاش های RCM خود رسیده اید. همه این اطلاعات به ترتیب زیر است :

- فصل ۲ تله های RCM و نحوۀ اجتناب از آنها را توضیح می دهد.
- فصل ۳ مفاهیم RCM و نحوۀ اعمال آنها را مشخص می کند.
- فصل ۴ ابزارهای مورد نیاز برای شروع تجزیه و تحلیل را مشخص می کند .
- فصل ۵ فرآیند منطقی تحلیل گام به گام RCM را توضیح می دهد، از جمله هر سؤالی از سند JA۱۰۱۱ SAE .
- فصل ۶ فرآیند انتخاب گام به گام فعالیت های PM را توضیح می دهد.
- فصل ۷ نحوۀ پیاده سازی RCM را برای ابزاردقیق توضیح می دهد.
- فصل ۸ چگونگی ایجاد یک «برنامۀ پویای» RCM را توضیح می دهد.
- فصل ۹ چگونگی ایجاد یک برنامۀ نظارت و روندیابی برای نظارت بر اثربخشی عملکرد کارخانۀ شما را توضیح می دهد.
- فصل ۱۰ RCM را به عنوان یک فرهنگ سازمانی مورد بحث قرار می دهد.

ما با تلاش برای درک اینکه چرا پیاده سازی RCM بسیار دشوار بوده است، شروع می کنیم.

فصل ۲ : چرا اجرای **RCM** از نظر تاریخی بسیار دشوار بوده است؟

تخمین زده شده است که بیش از ۶۰ درصد از تمام برنامه های RCM آغاز شده در اجرای موفقیت آمیز با شکست مواجه شده اند. بسیاری از ۴۰ درصد دیگر که تکمیل شدند، کاملاً سطحی انجام شدند که ارزش واقعی آنها را فقط حاشیه ای نشان می دهد. چرا اجرای RCM اینقدر سخت بوده است؟ چرا موفقیت آن بسیار دست نیافتنی بوده است؟ دلیلی وجود دارد. در واقع دلایل زیادی وجود دارد. شما خواهید آموخت که تله های موفقیت چیست، چرا اتفاق می افتند، کجا اتفاق می‌افتند و چگونه از آنها اجتناب کنیم. این هدف من است که رمز و راز را از این فرآیند بگیرم به طوری که بتواند به راحتی قابل درک باشد و به راحتی اجرا شود. به نظر من، RCM در انتقال آن از صنعت هواپیمایی بسیار پیچیده شده است. همچنین اعتقاد من این است که اجرای موفق فرآیند با پیچیدگی که کسب کرده نسبت معکوس دارد.

۲-۱- مشاوران[۱]

RCM تبدیل شده است، و هنوز هم تا حد زیادی هست، به یک صنعت خانگی برای مشاوران. مایهٔ تأسف است اما حقیقت دارد که در داخل دنیای مشاوران، اغلب آنها یا کمتر از شما می دانند یا اگر بیشتر می دانند، روش های آنها ممکن است از یک اکسیر ابهام استفاده کند که به آنها اجازه می دهد تا صاحب انحصاریِ درک فرایند و از این رو جریان درآمد مداوم باشند. همه چیز معمولاً آنقدرها پیچیده نیست و RCM یک مثال اصلی است. اگرچه من نیاز به مشاور را نادیده نمی‌گیرم، آنها در درجهٔ اول باید به عنوان یک افزایش موقتی در کارکنان شما به همکاری فراخوانده شوند تا به ایجاد یک برنامه تحت نظر شما کمک کنند. من نمی توانم بر اهمیت حفظ کنترل داخلی، مسؤولیت و مالکیت فرآیند بیش از حد تأکید کنم. برای پیشبرد این تفکر، اکثر «مشاوران» RCM که من دیده ام هرگز شخصاً یک برنامهٔ RCM کلاسیک جامع را اجرا نکرده اند. من موارد بسیار زیادی را دیده ام که شخصی چیزهایی در مورد RCM خوانده بود و در کلمات و عبارات گیرا متبحر شده بود و فوراً به یک مشاور خود تعیین شده تبدیل شده بود.

۲-۲- یک وبال گردن[۲]

زمانی که RCM در صنایعی غیر از هوانوردی تجاری به صحنه آمد، مدت زیادی طول نکشید که لکه ننگ وبال گردن بودن روی آن قرار گیرد. این به ویژه ناراحت کننده بود زیرا افزایش قابلیت اطمینان که باید به راحتی قابل دستیابی باشد، در عوض متوقف شد، زیرا این فرآیند نمی توانست به طور مؤثر اجرا شود. بسیاری از مشاوران که با مدل خطوط هوایی ناآشنا بودند، به طور کامل نحوهٔ اجرای تجزیه و تحلیل RCM را درک نکردند، و هزینه یک تلاش تمام عیار در یک نیروگاه هسته ای، به عنوان مثال، به میلیون ها دلار رسید، اغلب

[۱] Consultants
[۲] White Elephant

با نتایج ملموس بسیار کمی برای نشان دادن آن. برخی از تأسیسات عمومی چندین بار این تکرار را پشت سر گذاشتند. این روش به عنوان یک تلاش برای کاهش هزینهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به منظور جلب رضایت مدیریت بالا توسط مشاوران تبلیغ شد. اگر آنها با این پیام وارد شدند که می توانند یک کارخانهٔ را قابل اطمینان تر کنند اما منجر به هزینه های اضافی و افزایش پرسنل شود، فکر می کنید چه نوع استقبالی را دریافت می کردند؟

من می خواهم خیلی واضح بگویم که RCM یک برنامهٔ کاهش PM نیست. یک برنامه قابلیت اطمینان است. نتایج یک تجزیه و تحلیل RCM همان هستند که هستند. هیچ تعصبی برای حذف یا اضافه نمودن فعالیت وجود ندارد. اگر تأسیسات شما مملو از تعداد غیرعادی فعالیت های PM است، که بسیاری از آنها غیر ضروری هستند، RCM در واقع آن PM های غیر ضروری را شناسایی می کند و آنها نامزد حذف خواهند شد. از سوی دیگر، اگر برنامهٔ PM در تأسیسات شما یک برنامهٔ اسپارتی[1] (یعنی یک برنامه ساده و بی تجمل) است، فرایند احتمالاً PM هایی را به برنامهٔ شما اضافه خواهد کرد، اما آنها PM هایی خواهند بود که انجام نمی شدند اما باید انجام می شدند. تجربهٔ به من نشان داده است که اگرچه حذف کار غیر ضروری قطعاً سودمند است، مزایای واقعی یک برنامهٔ RCM توسط کارهایی که قابل حذف هستند، اندازه گیری نمی شود. در عوض، به طور دقیق تری توسط برخی از وظایف اضافه شده به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه اندازه گیری می شود که قبل از انجام تجزیه و تحلیل انجام نمی شدند اما باید انجام می شدند.

اگر تأسیسات شما ابتدا برنامهٔ PM خود را براساس انجام دادن هر کار مشخص شده در هرکتابچهٔ راهنمای فروشنده ایجاد کرد، شما بدون شک PM های زیادی خواهید داشت و فرصتی برای حذف تعداد نسبتاً زیادی از موارد غیر ضروری در اختیار خواهید داشت. بسیاری از تأسیسات، برنامهٔ PM خود را بر اساس تجربهٔ برخی از کارمندان قدیمی خود می‌سازند. در حالی که این موضوع قابل ستایش است، با این حال به خودی خود مبنای معتبری برای به خطر انداختن قابلیت اطمینان تأسیسات شما نیست.

نولان و هیپ رسالهٔ اصلی RCM را با واژگان هواپیما با استفاده از مثال های موجود در هوانوردی تجاری نوشتند. زبان هواپیما، و همچنین خود فرآیند ، به سردرگمی قابل توجهی توسط کسانی که سعی در انتقال آن به صنایع دیگر داشتند منجر شد و آنها برخی از مهم ترین جنبه ها را در طول مسیر کنار گذاشتند. با تجربهٔ عملی گسترده در قابلیت اطمینان و نگهداری و تعمیرات خطوط هوایی و هسته ای، من به شما نشان می دهم که چگونه می توانید آن کوه های سوء تفاهم و سردرگمی را دور بزنید که متأسفانه راه خود را به اقتباس های فعلیِ RCM پیدا کردند.

RCM تقریباً همیشه به عنوان یک فرآیند شناساییِ تجهیزات حیاتی توصیف می شود که خرابی آنها منجر به یک پیامد ناخواسته برای یک تأسیسات می شود. چه می شود اگر خرابی تجهیز باعث یک پیامد ناخواسته

[1] Spartan

فوری نشود ؟ آیا آن تجهیز به طور خودکار یک تجهیز غیرحیاتی است؟ قاطعانه خیر ! اگر یک افزونگی داخلی در سیستم وجود دارد، آیا به طور خودکار اجازه می دهد که یک تجهیز، کارکرد تا خرابی باشد؟ باز هم قاطعانه خیر! آیا تجهیزات کارکرد-تا-خرابی غیر مهم هستند؟ یک بار دیگر قاطعانه خیر!

در تقریباً تمام کتاب‌های RCM، «نقاط» زیادی در اطراف این جنبه ها وجود داشته است. نقطه ها همه آنجا بودند، اما اتصال آنها بسیار دشوار و گیج کننده بود. من به شما نشان خواهم داد که چگونه آن نقاط را به هم وصل کنید و یک پل به یک فرایند ساده بسازید .

یکی از کلیدهای این موضوع، مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی[۱]من است. من این مفهوم را برای حل حلقهٔ گمشدهٔ[۲] RCM ایجاد کردم. من دربارهٔ این مفهوم حیاتی و چندین مفهوم دیگر در فصل های بعدی زیاد می نویسم، چون آنها بلوک های سازنده بسیار مهمی هستند که منجر به درک این موضوع می شوند که RCM کلاً دربارهٔ چیست. این کار به شما کمک می کند تا مسیری را در تأسیسات خود به سمت درک واضح و مختصر از RCM به زبان ساده ایجاد کنید. همچنین در امر تسهیل اجرای فرآیند اهمیت بی‌اندازه‌ای دارد. ابتدا، بیایید ببینیم چه چیزی باعث می‌شود که اکثر برنامه‌های RCM در نهایت منتهی به شکست شوند. با بررسی این مسائل، فرصت اجتناب از آنها برای شما فراهم خواهد شد.

۲-۳- دلایلی برای شکست

بعضی از مهمترین دلایل برای این عدم موفقیت در گذشته شامل موارد زیر است که در هیچ دستورکار خاص دیگری فهرست نشده است:

۲-۳-۱-ازدست رفتن کنترل داخلی[۳]

یکی از بزرگترین دام ها، واگذار کردن کل تجزیه و تحلیل به یک بخش بیرونی است. اگرچه استفاده از کمک بیرونی برای تقویت کارکنان قابل قبول است، قویاً توصیه می شود که هر گونه پشتیبانی بیرونی تحت هدایت شما کار کند. ممکن است شما فکر کنید ...« اگر من به اندازهٔ کافی دربارهٔ RCM نمی دانم، چگونه آنها می توانند تحت هدایت من کار کنند ؟». هنگامی که شما از طریق این کتاب ادامه دهید، این خط فکری تغییر خواهد کرد. شما تخصص لازم برای به نتیجه رساندن برنامه خود را به دست خواهید آورد. من برنامه های بسیار زیادی را دیده ام که به این علت به شکست انجامیده اند که یک تیم بیرونی برای انجام کل تجزیه و تحلیل آورده اند با حداقّل ورودی از کسانی که واقعاً می دانند در تأسیساتشان چه می گذرد : شما و افراد خودتان.

---

[۱] *potentially critical* components

[۲] *missing link*

[۳] **Loss of in-house control**

فقط فکر کنید که چه اتفّاقی روی می دهد اگر سؤالات فنی بعدی پیش بیاید یا پایگاه داده ای که توسط طرف خارجی گردآوری شده نیاز به تغییر پیدا کند و طرف خارجی دیگر در محل نباشد. حتّی بدتر از آن وادار کردن آنها به بازگشت به محل است تا با هزینه ای گزاف برای انجام این کار تغییرات را ایجاد کنند. من بیش از این نمی توانم بر اهمیّت حفظ کنترل داخلی خود بر روی برنامهٔ RCM تأکید کنم. من توضیح می دهم که چگونه RCM کلاسیک می تواند به قدری ساده شود که جدا از نیروی کمکیِ ممکن که تحت هدایت شما کار می کنند، شما قادر خواهید بود که برنامه را راه اندازی کنید، شاخص ها و پارامترها را برقرار کنید، اقتدار لازم برای تجزیه و تحلیل را حفظ کنید و همهٔ تصمیم های لازم برای اجرای موفقیّت آمیز فرایند را در تأسیسات خود بگیرید .

۲-۳-۲-ترکیب نادرستِ کارکنان انجام دهندهٔ تجزیه و تحلیل[۱]

من دیده ام که بسیاری از برنامه های RCM منجر به شکست می شوند زیرا آنها ترکیب درستی از دانش و جلب مشارکت افراد از همهٔ گروه های کاربردی داخلی تلفیق نکرده اند. اگر شما یک توافق جمعی بین کارکنان بخش های نگهداری و تعمیرات، مهندسی و تولید نداشته باشید، به احتمال زیاد برنامهٔ شما به شکست خواهد انجامید. اگر به اندازهٔ کافی خوش شانس باشید که به سمت تکمیل برنامه پیشرفت کنید امّا پیشاپیش به یک توافق جمعی نرسیده باشید، فکر می کنید وقتی اولین چالش با زیر سؤال بردن اعتبار انجام یا عدم انجام یک فعالیت PM خاص به وجود آید، چه اتفاقی رخ می دهد؟ به احتمال زیاد، حسی از بدگمانی توسط آن دسته از ذینفعانی که درگیر کار نبودند بر روی کل تلاش خواهد افتاد و اعتماد به برنامه کاهش خواهد یافت.

چه می شود اگر تجزیه و تحلیل RCM فقط توسط مهندسان داخلی انجام شود و به نیروهای نگهداری و تعمیرات و تولید فرصتی برای ارائهٔ توان و خردشان داده نشود؟ بخش های کنارگذاشته شده (همراه با غرور جریحه دار شده شان) احتمالاً از این تلاش استقبال نخواهندکرد، به ویژه اگر اختلاف نظری راجع به تصمیم گرفته شده درمورد پیامد یک خرابی وجود داشته باشد. به یاد داشته باشید که دانش کارخانه درانحصار هیچ سازمانی نیست. این کار، دانش تجمعی را از همهٔ گروه های همکار می گیرد تا بر یک تجزیه و تحلیل RCM متعالی اثر بگذارد. اگر هر یک ازگروه ها، مبنای تعیین یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ خاص را درک نکند یا با آن موافق نباشد، تلاش RCM مطلقاً اعتبار خود را از دست می دهد، یا احتمالاً این گروه ها پس از تکمیل برنامه به طور مداوم می پرسند «چرا ما این فعالیت PM را انجام می دهیم؟».

برای شروع درست، من توصیه می کنم که نمایندگانی از سازمان های ذینفع مختلف معمولاً مهندسی، نگهداری و تعمیرات و عملیات، همه از ابتدا مشارکت کنند. این کار درست است، چه شما یک سازمان بزرگ داشته باشید و چه کوچک. همچنین بسیار توصیه می کنم که از افراد ماهر به عنوان اعضای موقتی تیم RCM

[۱] An incorrect mix of personnel performing the analysis

استفاده کنید، زیرا آنها می توانند بسیار روشنگر باشند نه تنها به خاطر دانش عملی شان بلکه همچنین به خاطر اینکه آنها فرستادگان نهایی[۱] برنامهٔ PM پس از تکمیل آن خواهند بود. یک ملاحظهٔ بسیار مهم، داشتن استادکارانی است که درک کنند چرا یک فعالیت مشخص را انجام می دهند. اگر استادکاران شما پایه هایی را که برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خود را بر اساس آن ایجاد کرده اید، درک کنند، درخواهید یافت که آنها به همراهان و حامیانی مشتاق به جای مخالفان تبدیل می شوند.

۲-۳-۳- بارِاجرایی غیرضروری و پرهزینه[۲]

من شاهد بوده ام که تلاشهای RCM برای ماهها به بن بست خورده است (درحالی که ساعت هزینهٔ آن با سرعت بالا کار می کند)، فقط جهت تصمیم گیری در مورد اینکه از کدام مرز را باید استفاده کرد یا نحوهٔ اولویت بندی اهمیت سیستمی که با آن باید شروع کرد. در واقع هزینهٔ مطالعات احتمالی رسمی هزاران دلار بوده است، صرفاً برای تعیین این که نخست کدام سیستم را تجزیه و تحلیل کنید! فقط فکر کنید که چگونه می توانید از پرسنل مدیریتی خود که مسؤول پرداخت صورتحساب ها هستند، درخواست کنید. همانطور که بعداً بحث خواهم کرد، برای یک تأسیسات با اندازهٔ متوسط، کل فرایند RCM از طرح اولیه تا اجرا برای همهٔ تجهیزات سیستم نباید از چند هفته یا حداکثر چند ماه تجاوز کند.

هیچ پایانی برای بار اجرایی که می تواند ایجاد شود، وجود ندارد. این موضوع می تواند شامل گروه های هدایت RCM، گروهای تمرکز، ایجاد کمیته های بزرگ، راه اندازی کاملاً غیرضروری برنامه های تخصصی آموزش تسهیل گر و غیره باشد. با سالها تجربه، من معتقدم که آنچه شما می خواهید بدانید این است که ... «چگونه می توانم یک برنامهٔ RCM برتر را بدون نیاز به مداخلهٔ کارشناس خارجی و بدون همهٔ ریزه کاری های اجرایی غیر ضروری پیاده کنم؟». به باور من، شما امکانات لازم را دارید تا بفهمید چه کمیته ها و گروه های هدایتی ممکن است برای سازمان خود نیاز داشته باشید. ممکن است سازمان شما نخواهد یک «امپراتوری»[۳]RCM مملو ازمنابع غیرضروری ایجاد کند. در فصل های بعد، به تفصیل دربارهٔ چگونگی اجتناب از ایجاد کابوس های اجراییِ خارج از فرایند RCM بحث می کنم. من تصویر بزرگتر را به روشنی بیان می کنم به طوری که پس از آشنایی با این اصول، شما می توانید به راحتی جزئیات اجرایی را تا حدی ارائه دهید که شما و سازمان خاص شما مناسب می دانید.

[۱] ultimate emissaries
[۲] Unnecessary and costly administrative burdens
[۳] empire

۲-۳-۴-عدم درک مفاهیم اساسی RCM

آغاز یک تجزیه و تحلیلRCM بدون درک مفاهیم اصلی آن، در واقع می تواند منجر به شکست برنامه شود، امّا حتی بدتر از آن، می تواند منجر به یک برنامهٔ معیوب همراه با عواقب ناخوشایند و حتی مرگبار شود. مثال های زیادی در زندگی واقعی از پیامدهای فاجعه بار خرابی وجود دارد که با درک مفاهیمی که در این کتاب بیان کردم و قبلاً هرگز در برنامه های RCM در نظر گرفته نمی شدند، به راحتی می شود از آن اجتناب کرد. این مفاهیم در فصلهای ۳و ۴ و۵ به تفصیل توضیح داده شده است.

۲-۳-۵- سردرگمی در تعیین کارکردهای سیستم[۱]

بسیاری از کتاب ها و نشریات تقریباً به طور انحصاری به جزئیاتی در مورد انتخاب سیستم ها و شناسایی کارکردهای سیستم اختصاص داده شده است. رویکرد مرسوم به RCM ، شناسایی کارکردهای زیرسیستم های مختلف در یک سیستم بزرگتر بوده است. این یکی از اولین گام ها در RCM است و متأسفانه جایی هم هست که اولین تأثیر سردرگمی خود را نشان می دهد. ممکن است از خودتان بپرسید: « چگونه همهٔ کارکردهای سیستم را تعریف کنم؟ از کجا این کارکردها را پیدا کنم؟ چگونه بفهمم که کارکردی را نادیده گرفته ام ؟ اگر کارکردی را نادیده گرفتم، چه می شود؟». اینها همه سؤالات معتبری برای اندیشیدن هستند و فصلهای ۳ و۴ و ۵ نحوهٔ یافتن راه درست برای پرداختن به این مشکلات را توضیح می دهند.

تنها دلیلِ شناسایی کارکردها و خرابی های کارکردی سیستم، تلاش برای شناسایی پیامدهای خرابی[۲] ناشی از خرابی یک تجهیز است. در فصل ۳، من یک مفهوم انقلابی جدید را در مورد پیامد خرابی معرفی می کنم که کل فرایندRCM را ساده می کند.

۲-۳-۶- سردرگمی در مورد مرزها و رابط های سیستم[۳]

شیوه های فعلی RCM، مستلزم تعیین مرزها و رابط ها برای هر سیستم و زیر سیستم به طور جداگانه است. یک سیستم در کجا به پایان می رسد و سیستم دیگر از کجا شروع می شود؟ این امر مستلزم آن است که شما مرزهای سیستم[۴]، مرزهای زیر سیستم[۵]، رابط های زیر سیستم داخلی به زیر سیستمِ داخلی دیگر[۶]، رابط های

[۱] Confusion determining system functions
[۲] *consequence of failure*
[۳] Confusion concerning system boundaries and interfaces
[٤] system boundaries
[٥] subsystem boundaries
[٦] in-system in-interfaces

سیستم به سیستم بیرونی[۱]، رابط های سیستم بیرونی به سیستم[۲] ،کارکردهای سیستم[۳]،کارکردهای زیرسیستم[۴]، خرابی آن کارکردها[۵]، پیامدهای آن خرابی های کارکردی[۶] و غیره را تعریف کنید. به من بگویید که آیا این گیج کننده نیست ! با این حال، این مشقتی است که هر کسی باید برای اجرای رویکرد قدیمیِ RCM متحمل شود. از آنجا که مرزهای سیستم کاملاً اختیاری و کاملاً ذهنی هستند، من دیده ام که این بخش از فرایند به منبعی برای بسیاری از مشاجرات داخلی و اتلاف وقت تبدیل شده است. بسیاری از برنامه های آزمایش شده هرگز به فراتر از این نقطه نمی روند. با این حال تمام این بخش از فرایند را می توان حذف کرد. شما خواهید دید که چگونه می توان این مانع را ساده کرد و یک برنامهٔ RCM برتر را با همان استحکامی که نولان و هیپ در سال ۱۹۷۸ در نظر داشتند، توسعه دهید.

چیزی که بیشتر مردم نمی دانند این است که نولان و هیپ با کارکردها و مرزهای سیستم و زیر سیستم در هوانوردی تجاری شروع کردند زیرا آنها قبلاً آنجا بودند. افراد کمی در صنایعی غیر از هوانوردی تجاری با کدهای انجمن حمل و نقل هوایی[۷](ATA) آشنا هستند. هر هواپیما صرف نظر از نوع یا سازنده اش، از سیستم کدگذاری یکسانی استفاده می کند. به عنوان مثال، یک بویینگ ۷۴۷، یک داگلاس MD-۱۱ یا یک ایرباس ۳۰۰A همگی از همان عناوین ATA برای سیستم تهویه مطبوع (ATA۲۱) یا سیستم های پنوماتیک (ATA۳۶) یا سیستم های ارابهٔ فرود (ATA۳۲) خود استفاده می کنند. نولان و هیپ مجبور نبودند این مرزهای سیستمی را توسعه دهند.

درواقع، آن ها فقط به علت راحتی در سطح سیستم شروع کردند. این کار یک الزام نبود. خرابی کارکردی تجهیز و بروز آن در سطح هواپیما (یا کارخانه) واقعاً برای آنها مهم بود. چیزی که از آن به بعد رخ داده است، تفسیری توسط متخصصین امروزی RCM است که به شناسایی مرزهای سیستم، مرزهای زیر سیستم، رابط ها و غیره به عنوان یک الزام اعتقاد داشته اند.

این موضوع تنها به عنوان ادامهٔ تفسیری از یک برداشت نادرست تکامل یافته است و همچنان به تکامل خود ادامه می دهد. ایجاد کارکردها در سطح سیستم و زیر سیستم یک بخش الزامی از فرایند RCM نیست. در واقع، این کار حتّی ممکن است دقّت تجزیه و تحلیل را کاهش دهد که شاید برای بیشتر مردم یک مکاشفه باشد. من در این مورد در فصل ۳ بیشتر بحث خواهم کرد.

---

[۱] in-system out-interfaces
[۲] out-system out-interfaces
[۳] system functions
[۴] subsystem functions
[۵] failures of those functions
[۶] consequences of those functional failures
[۷] Air Transport Association

۲-۳-۷- انتظارات واگرا[1]

ممکن است یک ناسازگاری اجتناب ناپذیر بین انتظاراتِ مدیریت ارشد و مدیریت میانی شما وجود داشته باشد. همانطورکه پیشتر اشاره کردم،RCM یک برنامهٔ کاهش PM نیست بلکه یک برنامهٔ قابلیت اطمینان است. فرض کنید مدیریت ارشد شما یک ارائهٔ فروش جذاب دریافت می کند که شایستگی های اجرای یک برنامهٔ RCM را ستایش می کند و این که چگونه نتایج این برنامه منجر به کاهش کلی حجم کار خواهد شد. احتمالاً اولین انتظار مدیران تعیین تعداد افرادی است که می توانند کنار بگذارند. فکر می کنید یک مدیرمیانی یا یک سرپرست نگهداری و تعمیرات خودخواه چطور به آن پیام پاسخ می دهد؟ او ممکن است بخواهد برای اجتناب از کنار گذاشتن افراد برنامهٔ RCM را غیر مهم جلوه دهد. بحث کنار گذاشن افراد نیست، این بیشتر فرصتی برای تخصیص مجدد منابع است به طوری که این منابع بتوانند به صورت مؤثرتری مورد استفاده قرار گیرند، شاید از طریق کاهش هرگونه عقب ماندگی کاری یا نیاز به اضافه کاری.

از سوی دیگر، چه می شود اگر یک تجزیه و تحلیل RCM شناسایی کند که فعالیت های نگهداری و تعمیرات بیشتر و منابع بیشتری مورد نیاز خواهد بود؟ یک معاون خودخواه ممکن است بخواهد به دلیل هزینه های موجود جلوی این تلاش را بگیرد. به یاد داشته باشید که نتایج همان چیزی است که هستند. اگر PM های بیشتری مورد نیاز باشد، این امر کارخانه را قابل اطمینان تر می کند و این در درازمدت بسیار بیشتر از کوتاه مدت، در هزینه ها صرفه جویی خواهد کرد. در بسیاری از موارد، مدیریت ارشد ممکن است به ادامهٔ جریان خوش شانسی متکی باشد که هنوز در آن هیچ فاجعه ای اتفاق نیفتاده است، پس چرا نگران آن باشیم؟ باور کنید وقتی در نتیجهٔ یک حالت خرابی تجزیه و تحلیل نشده چیزی فاجعه بار رخ می دهد، همانطورکه اجتناب ناپذیراست، هزینه های مربوطه بزرگتر از اجرای چند PM مهم است که می توانستند ازاین فاجعه جلوگیری کنند.

همانطور که می توانید ببینید، اگرتلاش RCM شناسایی کند که کار غیرضروری بیش از حد در حال انجام است، شما در معرض این خطر هستید که مدیران میانی از ترس از دست دادن افرادشان بخواهند آن را به شکست بکشانند. اگر تلاش RCM مشخص کند که کار کافی انجام نشده است و PM های مهمی باید اضافه شوند، شما در معرض این خطر قرار دارید که مدیریت ارشد از ترس افزایش هزینه ها بخواهد آن را خنثی کند. اگر این طرز فکر در کارخانهٔ شما وجود دارد، باید به صراحت در مورد آن بحث شود، به طوری که برای دستیابی به یک برنامهٔ RCM برتر هیچ یک از این دودستگی ها به فرایند تصمیم گیری وارد نشود.

[1] Divergent expectations

۲-۳-۸- سردرگمی در مورد قواعد[۱]

یکی دیگر از دلایلی که تلاش برای پیاده سازی برنامه به صورت کند و نامنظم پیش می رود، یک سردرگمی ساده است: چگونه یک شیر خراب را تعریف کنید؟ آیا شیر درحالت باز[۲] خراب شده است یا نمی تواند بسته شود؟ مبدل حرارتی به کدام سیستم تعلّق دارد؟ آیا آن سیستم، تأمین کنندۀ سیال خنک کنندۀ سمت پوسته[۳] است یا سیستم دریافت کنندۀ مزایای مبدل حرارتی از مجرای سمت لوله؟ چگونه شیرهای دستی را کنترل می کنید؟ آیا آن ها به وسیلۀ یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه کنترل می شوند یا به وسیلۀ استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی؟ RCM تا چه سطحی اجزای داخل یک تابلوی الکترونیک را تجزیه و تحلیل می کند؟ آیا عملکرد انواع اجزاء یکسان مورد استفاده در برنامه های کاربردی مختلف می تواند با هم گروه بندی شود؟ (مسلماً نه). همۀ این موارد در این کتاب توضیح داده شده است.

همچنین لازم به ذکر است که بیشتر نشریات RCM، ازجمله این کتاب، معمولاً سازه ها را شامل نمی شوند. فرایند RCM در درجۀ اول برای اجزاء کارکردی فعال[۴] است، مگر اینکه بررسی تاریخچۀ اقدامات اصلاحی به طورخاص وجود یک مشکل را در یک قطعۀ در حالت عادی غیر فعال[۵] یا یک آیتم سازه ای مشخص کند. به همین ترتیب، شیرهای دستی که اجزاء غیر فعال محسوب می شوند، به طور معمول تجزیه و تحلیل نمی شوند، مگر زمانی که آنها از نظر کارکردی در یک سیستم عمل می کنند یا در طول عملیات کارخانه توسط اقدامات اپراتور کنترل می شوند یا مشکلاتی را تجربه کرده اند که منجر به یک سابقۀ اقدام اصلاحی شده است. در واقع، هر سابقۀ نگهداری و تعمیرات اصلاحی که مشکلات خاصی را در مورد یک جزء غیر فعال یا یک آیتم سازه ای نشان دهد، توجیهی برای گنجاندن آن در برنامۀ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است.

۲-۳-۹- سوء تفاهم در مورد خرابی های پنهان[۶] و افزونگی[۷]

این مفاهیم، مهمترین و در عین حال کمتر درک شده ترین مفاهیم هستند. شما چگونه با خرابی های پنهان و افزونگی برخورد می کنید؟ هر کتاب یا نشریۀ RCM دربارۀ خرابی های پنهان صحبت می کند امّا شما چگونه آن را پیدا می کنید و چه چیزی آنها را از تجهیزات کارکرد-تا-خرابی[۸] متمایز می کند؟ چالش اصلی این است که چگونه یک سیستم کامل را که پنهان است، مانند سیستم ایمنی اضطراری، تجزیه و تحلیل می

---

۱ Confusion regarding convention
۲ open position
۳ shell-side cooling medium
۴ active functional components
۵ normally passive component
۶ hidden failures
۷ Redundancy
۸ run-to-failure component

کنید؟ چگونه خرابی های پنهان را در سیستم های پنهان مدیریت می کنید؟ در سیستم های افزونه[۱] چطور؟ در سیستم های پشتیبان[۲] چطور؟ در سیستم های آماده به کار[۳]چطور؟ درک این تفاوت ها، کلید اصلیِ دستیابی به یک برنامهٔ موفقیت آمیز قابلیت اطمینان است.

این مفاهیم، همه به تفصیل در این کتاب توضیح داده شده است. در حقیقت، این مفاهیم آنقدر اشتباه فهمیده شده اند که یک سند اخیر دربارهٔ RCM اظهار داشت که «خرابی های چندگانه و افزونگی حتّی در نظر گرفته نشوند » و هرتجهیز افزونه مجاز باشد تا زمان خرابی کار کند، بدون هیچ اشاره ای به اینکه آیا آن افزونگی نشانهٔ عدم خرابی در نظرگرفته شود. این خطرناک است.

۲-۳-۱۰- سوء تفاهم در مورد کارکرد تا خرابی[۴]

این مفهوم نیز، یک مفهوم کلیدی است و افراد کمی آن را درک می کنند. من در فصل های بعد با جزئیات زیاد قانون کانُن[۵] خود را برای کارکرد تا خرابی توضیح می دهم. به کارگیری اشتباه یک استراتژیِ «کارکرد تا خرابی» می تواند اثرات فاجعه باری داشته باشد. بیشتر کتاب های RCM بیان می کنند که اگر تجهیزی از کار بیفتد و هیچ اتفاقی رخ ندهد، این یک تجهیزِ غیر حیاتیِ کارکرد-تا -خرابی است. این دیدگاه نه تنها یک اشتباه است، بلکه واقعاً خطرناک است و به ناچار منجر به ناخواسته ترین پیامدها می شود. به همین ترتیب، بسیاری از کتاب های RCM بیان می کنند که اگر تجهیزات افزونه وجود داشته باشند، آنها را می توان به عنوان تجهیزات کارکرد-تا-خرابی طبقه بندی کرد (بازهم اشتباه خطرناک!). به یاد داشته باشید که ممکن است برای تجهیزات کارکرد-تا-خرابی یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه وجود نداشته باشد، امّا مسلماً یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی برای آنها وجود دارد. من همهٔ این موضوعات را در فصل ۳ توضیح می دهم.

۲-۳-۱۱-دسته بندی های نامناسب تجهیزات[۶]

بیشتر برنامه های RCM، تجهیزات را به در دو دستهٔ حیاتی[۷] و غیر حیاتی[۸] تقسیم می کنند. این هم نمونه ای دیگر است از آنچه که باعث از بین رفتن یک برنامه می شود. این دسته بندی ها، خیلی گسترده هستند. به عنوان مثال، اگر یک خرابی بتواند به اثر فوری بر روی تأسیسات منجر شود، معمولاً به عنوان یک تجهیز

---

[۱] redundant systems
[۲] backup systems
[۳] standby systems
[۴] run-to-failure
[۵] canon law
[۶] Inappropriate component classifications
[۷] critical
[۸] noncritical

حیاتی دسته بندی می شود. به همین ترتیب، اگر یک خرابی منجر به یک اثر فوری نشود، امّا بتواند بشود، آن نیز به عنوان یک تجهیز حیاتی دسته بندی می شود. سعی کنید این را برای مدیریت ارشدتان توضیح دهید. همچنین، کاملاً بی احتیاطی است که یک تجهیز حیاتی که خرابی اش می تواند به توقف فوری کارخانه تان منجر شود، در همان دسته و با همان اهمیت نسبی قرارگیرد که یک تجهیزِ صرفاً اقتصادی که در صورت خرابی به هزینهٔ دلاری نسبتاً کمی منجر می شود.

من تفاوت های بین تجهیزات حیاتی[۱]، تجهیزات بالقوه حیاتی[۲]، تجهیزات از نظر اقتصادی مهم[۳]، تجهیزات تعهدآور[۴] و تجهیزات غیرحیاتیِ کارکرد-تا-خرابی[۵] را توضیح خواهم داد.

۲-۳-۱۲- گنجانده نشدن تجهیزات ابزار دقیق[۶] به عنوان بخشی از تجزیه و تحلیل **RCM**

من یک فصل کامل را به نحوهٔ تجزیه و تحلیل ابزار دقیق اختصاص داده ام. این موضوع به ندرت در نشریات RCM مورد بحث قرار می گیرد.

من خوش شانس هستم که سوابق و تجربه ام این امکان را به من می دهد تا از نزدیک با کاستی ها و مشکلات پذیرش نامناسب یک تلاش RCM آشنا باشم. دلایل ذکر شده در این فصل تنها تعدادی از آنهاست. شما یاد خواهید گرفت که چگونه از این موانع عبور کنید به طوری که پس از اتمام این کتاب، اگر فقط اندکی هوش داشته باشید (که من می دانم دارید)، قادر خواهید بود یک برنامهٔ موفق RCM را در کارخانه یا تأسیسات خود اجرا کنید. نه یک مدرک مهندسی و نه آموزش خاصی برای درک این رویکرد جدید به RCM مورد نیاز است. بیایید به برخی از مفاهیم مهمی که من به آنها اشاره کرده ام، نگاهی بیندازیم.

---

[۱] critical components
[۲] potentially critical components
[۳] economically justified components
[۴] commitment components
[۵] noncritical run-to-failure components
[۶] Instruments

فصل ۳ : مفاهیم اساسی **RCM** که برخی از آن ها برای اولین بار توضیح داده شده : فلات بعدی

در این فصل من مفاهیم اساسی «اجرای RCM کلاسیک به زبان ساده» را به شما معرفی می کنم. یکبار که شما بر این مفاهیم تسلط پیدا کردید (و من به شما اطمینان می دهم که تسلط پیدا خواهید کرد)، تجزیه و تحلیل و اجرای بعدیِ یک برنامهٔ RCM بدون مشکل خواهد شد و به خوبی با دیدگاه شما از قابلیت اطمینان مطابقت خواهد داشت.

این مفاهیم RCM که قبلاً دربارهٔ برخی از آنها هرگز چیزی بیان یا نوشته نشده است، هستهٔ اصلی قابلیت اطمینان را تشکیل می دهند. این ها اصولی هستند که وقتی درک شدند، ابهام ها را برطرف می کنند و پرده از رمز و رازی که RCM را پوشانده است، بر می دارند. در فصل۵، شما نحوهٔ استفاده از این مفاهیم و اصول را در بخش پیاده سازی RCM و منطق تصمیم گیری تجزیه و تحلیل یاد می گیرید. از آنجایی که این مفاهیم و اصول هستهٔ اصلی RCM را تشکیل می دهند، درک آنها از اهمیت بالائی برخوردار است.

این فصل مفهوم کاملاً جدید تجهیزات « بالقوه حیاتی » را معرفی می کند که به خرابی های پنهان می پردازد. همچنین اصل جدید دیگری را معرفی می کند که من آن را «قانون کانُن» برای کارکرد-تا- خرابی می نامم که به تجهیزات کارکرد-تا- خرابی و نگهداری و تعمیرات اصلاحی می پردازد. اصل جدید دیگری برای توصیف آنچه که یک پیامد خرابیِ اقتصادی[۱] محض را مشخص می کند، معرفی می شود. زمانی که ببینید چگونه می توانند از فجایع بزرگ جلوگیری کنند، متوجه خواهید شد که این مفاهیم چقدر مهم هستند. پس از اینکه شروع به درک این اصول می کنید، خواهید دید که آنها چگونه نسبتاً ساده هستند و چگونه می توانند از یک فاجعه مانند موردی که بعداً در این فصل مورد بحث قرار گرفته جلوگیری کنند.

تجزیه و تحلیل پیامدهای خرابی[۲] (**COFA**) نیز معرفی می شود. این تجربهٔ من بوده است که حتّی اگر فرایند RCM یک فرایند ساده باشد، فرصت های زیادی وجود دارد که به راحتی شما را از مسیر منحرف می کند و باعث سردرگمی در طول این فرایند می شود. اگر شما قبلاً سعی کرده اید که خودتان یک برنامهٔ RCM را پیاده کنید، منظور من را درک خواهید کرد. در اصطلاح بیس بال، شما می توانید از محوطهٔ توپ زدن خارج شوید و در یک چشم برهم زدن به محوطهٔ بیرونی بروید. من تلاش های زیادی را دیده ام که افراد مسؤول برای پیاده سازی یک برنامهٔ RCM، در محوطهٔ بیرونی سرگردان مانده اند و قادر به بازگشتن به جایگاه پرتاب گر نیستند. بسیاری از مسیرهای مختلف باید به شیوه ای منسجم گرد هم جمع شوند. اگر شما یک رویکرد منطقی به RCM اتخاذ نکنید، که من آن را به طور مفصل توضیح می دهم، ممکن است مقدار زیادی از انرژی مماسی را بدون هیچ گونه بردار خطی به آن مصرف کنید. تلاش بیهوده یک تجربهٔ نامعمول درRCM نبوده

[۱] economic consequence

[۲] consequences of failure analysis

است. من آموخته ام که یک ذهنیت منضبط امّا منطقی مورد نیاز است، و مانند هر زبان دیگری، ابتدا باید بر الفبای مربوطه مسلط شد.

الفبای RCM در درک اصول و مفاهیم آن نقش مهمی ایفا می کند و به همین دلیل است که من برای آشنایی بیشتر شما با این اصول وارد جزئیات می شوم: هنگامی که تجزیه و تحلیل را آغاز کردید، انرژی ای که شما صرف می کنید خطی خواهد بود و هیچ مقداری از آن شعاعی نخواهد بود. نهادهایی کوچکتر از یک نیروگاه هسته ای، که بیشتر نهادها را دربرمی گیرد، نمی توانند هزینه های اجرایی غیر ضروری مرتبط با نسخه های فعلی RCM را بپردازند. امّا افراد مسؤول قابلیت اطمینان در این تأسیسات کوچک و متوسط، هنوز هم یک تجزیه و تحلیل قوی برای کارخانه خود می خواهند. این امر می تواند به آسانی تحقق پیدا کند. با رویکرد ساده شده به RCM کلاسیک شما دیگر نیازی به تعیین مرزهای سیستم، ایجاد رابط ها و شناسایی کارکردها در سطح سیستم و زیر سیستم ندارید که همه این موارد، عناصری از فرایند مرتبط با دیگر نسخه های برنامه های RCM هستند. این ممکن است وحی به نظر بیاید و به راستی که هست. باید به خوبی درک شود که عدم وجود این بارها از استحکام تجزیه و تحلیل نمی کاهد و همانطور که در ادامهٔ این فصل توضیح خواهم داد، کنار گذاشتن این کار غیر ضروری در واقع باعث افزایش دقّت و کامل بودن برنامهٔ RCM شما خواهد شد.

کار نولان و هیپ در سال ۱۹۷۸، پیامدهای عملیاتی را به عنوان یک ملاحظهٔ اقتصادی به حساب آورد. ایمنی[۱] یک موضوع بسیار خاص بود و به ندرت مورد استناد قرار می گرفت، مگر اینکه نقصی در طراحی یا دیگر دغدغه های اصلی طراحی وجود داشت. به غیر از مسائل ایمنی هواپیما، تمام ملاحظات عملیاتی دیگر، از جمله موضوعاتی مانند پروازهای با تأخیر یا لغو شده، فقط به اقتصاد خلاصه می شد. برنامهٔ RCM که من در ۱۹۹۱ توسعه دادم، به ملاحظات عملیاتی به عنوان چیزی بیش از صرفاً یک پیامد اقتصادی می پرداخت. من این تمایز را به وجود آوردم که پیامدهای عملیاتی، یا حیاتی بودند یا بالقوه حیاتی. در هر صورت، هر چیزی در نهایت به یک ملاحظهٔ اقتصادی ختم می شود- حتّی یک فاجعه. با این حال، اگر شما یک خرابی را تجربه کنید که باعث اثرات زیست محیطی بزرگ یا برخی پیامدهای خرابی عمدهٔ ناخواستهٔ دیگر شود، این امر چیزی بیش از یک پیامد صرفاً اقتصادی خواهد بود که جریمهٔ آن پرداخت غرامت خواهد بود. آن پیامد می تواند منجر به ممانعت از پرواز ناوگان هواپیمایی یا تعطیلی اجباری کارخانهٔ شما شود. می تواند پایان کسب و کار شما باشد. یک پیامد خرابی می تواند به چنان تبلیغات ناخواسته ای منجر شود که مسألهٔ اقتصادی نامیدن آن و قاب بندی آن به این صورت، باعث ظلم به تأسیسات شما می شود و یک دسته بندی نامناسب خواهد بود.

در سال ۱۹۹۹ انجمن مهندسان خودرو[۲](SAE) نیز به اعتبار خود، به این تمایز مهم در رابطه با پیامدهای اقتصادی پی برد: تمایز بین خرابی های کاملاً اقتصادی و خرابی های از نوع عملیاتی که اکنون بخشی از

[۱] Safety

[۲] Society of Automotive Engineers

استاندارد SAE JA۱۰۱۱ است. همچنین در سال ۱۹۹۱، من در برنامهٔ RCM ای که توسعه دادم با جدا کردن خرابی های پنهان[۱] از خرابی های آشکار[۲] بسیار خاص بودم و همانطور که خواهید دید، در مورد نحوهٔ شناسایی و مدیریت خرابی های پنهان به جزئیات بسیار زیادی می پردازم. SAE مجدداً در سال ۱۹۹۹ به اعتبار خود، اهمیت خرابی های پنهان را مورد توجه قرار داد و به طور خاص تمایز بین خرابی های پنهان و آشکار را در استاندارد JA۱۰۱۱ گنجاند. من درمورد استاندارد SAE در فصل ۵ بیشتر بحث خواهم کرد. در بخش بعدی، به سه مرحله از یک برنامهٔ RCM نگاهی می اندازیم.

۳-۱- سه مرحلهٔ یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر RCM

مرحلهٔ اول شامل شناسایی[۳] تجهیزاتی است که برای ایمنی کارخانه، تولید[۴] و حفاظت از دارائی ها مهم هستند.
مرحلهٔ دوم شامل تعیین[۵] فعالیت های PM مورد نیاز برای تجهیزات شناسایی شده در مرحلهٔ اول است. این فعالیت ها، باید هم قابل اجرا[۶] و هم مؤثر[۷] باشند.
مرحلهٔ سوم شامل اجرای[۸] درست فعالیت های مشخص شده در مرحلهٔ دوم است.

مرحلهٔ اول پیدایش فرایند است. جایی است که شما برای جلوگیری از خرابی و حفظ قابلیت اطمینان به منظور حفظ کارکردهای تجهیزات حیاتی و به حداقل رساندن هر گونه چالش برای کارخانه یا تأسیسات خود در نتیجهٔ پیامدهای خرابی آنها، تجهیزاتی را که باید دارای استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه باشند، شناسایی می کنید .
اینها گروهی از تجهیزات هستند که نیاز به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه دارند. این گروه از تجهیزات است که برای حفظ معیارهای «قابلیت اطمینان دارایی » که شما برقرار می کنید، مهم تلقی می شوند (که در فصل ۵ مورد بحث قرار گرفته است).
هنگامی که این گروه شناسایی شد، می توانید در مرحلهٔ ۲ نوع نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ای را که باید برای آنها تجویز شود، مشخص کنید. انتخاب فعالیت های ممکن بسیار گسترده است و تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیشبینانهٔ (PdM) جدیدتر، مقرون به صرفه بودن مضاعفی را برای انجام این فعالیت ها ارائه می کند. همچنین به یاد داشته باشید که این فعالیت ها، تنها فعالیت هایی نیستند که واحد نگهداری و تعمیرات

[۱] hidden failures
[۲] evident failures
[۳] identifying
[۴] generation or production
[۵] specifying
[۶] applicable
[۷] effective
[۸] executing

انجام می دهد، بلکه ادغام همهٔ فعالیت های انجام شده توسط همهٔ بخش هاست که برنامهٔ PM را تشکیل می دهند. انواع مختلف فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و نحوهٔ ادغام آنها در فصل۶ مورد بحث قرار گرفته است.

هنگامی که گروه هدف خود را شناسایی کردید و انواع فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را که برای حفظ قابلیت اطمینان آنها باید انجام شود، تجویز کردید، در مرحلهٔ ۳ ضروری است که سازمان کنترل کننده و مدیریتِ شما این کارها را در دوره های تناوب مشخص زمان بندی کند. فکرمی کنید نتیجهٔ تلاش های شما، حتّی با وجود یک برنامهٔ RCM بسیار خوب، در صورت وجود نقایصی در زمان بندی کار چه خواهد بود ؟ احتمالاً منجر به تأخیر مداوم در فعالیت های PM یا بدتر از آن هرگز انجام نشدن آنها می شود.

در حالی که مراحل ۱و ۲ کاملاً زیر چتر برنامهٔRCM هستند، آنها همچنین کاملاً به مرحلهٔ ۳ وابسته هستند که مربوط به RCM نیست و تحت نظارتِ سازمانِ کنترل و زمان بندی کار شما قرار دارد. شکست در اینجا مانند یک پایهٔ شکسته از یک سه پایه است. اگرچه مشارکت گروه های کنترل و زمان بندی کار[۱] در کنار واحد های مهندسی، تولید و نگهداری و تعمیرات در فرایند RCM الزامی نیست، آنها نباید در مورد فلسفهٔ برنامه در تاریکی نگه داشته شوند و باید بدانند چگونه فرایند RCM به تلاش های زمان بندی آنها ارتباط خواهد داشت. من شکست های زیادی را دراجرای یک برنامهٔ RCM به دلیل مشکلات پیش آمده در سازمان مدیریت کار دیده ام. بسته به صنعت و نوع تأسیسات شما، اجرای درستِ کار زمان بندی شده مستلزم غلبه بر مجموعهٔ یکسانی از مشکلات است، اگرچه برخی از مشخصات ممکن است کمی متفاوت باشند. اگر سازمان شما مجهز به برنامه ریزی، زمان بندی و اجرای بدون مشکل کارهای تجویز شده نباشد، ممکن است دردستیابی به اهداف قابلیت اطمینان خود با مشکلاتی مواجه شوید. بنابه تجربهٔ شخصی، این یک منبع بالقوهٔ ضعف است که می تواند مشکلات بزرگی برای یک برنامهٔ قابلیت اطمینان عالی ایجاد کند.

همانطورکه در فصل۲ اشاره کردم، RCM یک برنامهٔ کاهش PM نیست بلکه یک برنامهٔ قابلیت اطمینان است و شما ممکن است در نهایت به کاهش یا افزایش کار برسید.کاهش فعالیت های زمان بندی شده، فرصتی را برای تخصیص مجدد منابع خود بر اساس آن در اختیار شما قرار می دهد. با این حال، احتمال دارد که تجزیه و تحلیل مشخص کند که شما فعالیت های نگهداری و تعمیرات به اندازهٔ مورد نیاز برای کارخانه خود انجام نداده اید، که در این صورت ممکن است منابع انسانی اضافی مورد نیاز باشد.

برنامهٔ RCMای که من توسعه داده و اجرا کردم، هزاران فعالیت غیرضروری PM را حذف کرد امّا چند صد PM جدید نیز به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات اضافه شد. موارد اضافه شده مهمترین نتیجهٔ این تجزیه و تحلیل بودند. برخی از نمونه های معمولی PM های اضافه شده عبارت بودند از: شناسایی وسایل حفاظتی[۲] که

[۱] control and scheduling groups

[۲] protective device

نگهداری نمی شدند، شناسایی اجزاء نسبتاً بی ضرر که تصور می شد غیرمهم و غیر حیاتی هستند و خرابی آنها پیامدهای ناخواستهٔ بسیار مهمی برای کارخانه داشت، شناسایی تجهیزات احتمالی متوقف کنندهٔ کارخانه که قبلاً از شمول در برنامهٔ PM خارج شده بودند و شناسایی یک سیستم کامل که تحت نگهداری و تعمیرات بود امّا غیر ضروری تشخیص داده شده و متعاقباً حذف شد. خرابی های پنهان بیشماری از تجهیزات مهم که نمایانگر آسیب پذیری های بالقوه جدی برای کارخانه بود، شناسایی شدند و بر اساس آن فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ای اجرا شد. این موارد فقط تعداد کمی از هزاران مسألهٔ قابلیت اطمینان بسیار مهم بودند که در طول تجزیه و تحلیل پیدا شدند.

یکی دیگر از نتایج نسبتاً جالب تجزیه و تحلیل، شناسایی ده ها شیر یکطرفه[۱] با آشکار سازی این موضوع بود که اگر در حالت باز خراب می شدند، حتّی با خرابی های اضافی هیچگونه پیامدی به دنبال نداشتند. این نشان داد که این شیرهای یکطرفه حتّی مورد نیاز کارخانه نبودند و آنها می توانستند با یک فلنج اتصال جایگزین شوند. با این حال، اگر آنها در حالت بسته خراب می شدند، پیامدهای نامطلوبی وجود داشت، بنابراین داشتن آنها در کارخانه نه تنها غیر ضروری بود بلکه درواقع یک حالت خرابیِ احتمالیِ غیرضروری ایجاد می کرد. نسخه های سادهٔ RCM این ناهنجاری را شناسایی نمی کرد.

بیائید به مفاهیم و اصول RCM با جزئیات بیشتری نگاه کنیم. من تکنیک هایی را برای شناسایی تجهیزاتی که باید یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه داشته باشند، به روش های مختلف تکرار می کنم. من این فصل را به عنوان مجموعه ای از بلوک های سازنده طراحی کرده ام که با زیربنا آغاز می شود و به ترتیب به سمت بالا ساخته می شود. بیایید با زیربنا شروع کنیم که به شما کمک می کند کمی بیشتر در مورد RCM و اینکه واقعاً چقدر ساده است، بدانید. سه سنگ بنا برای یک برنامهٔ RCM وجود دارد.

۳-۲- سه سنگ بنای[۲] RCM

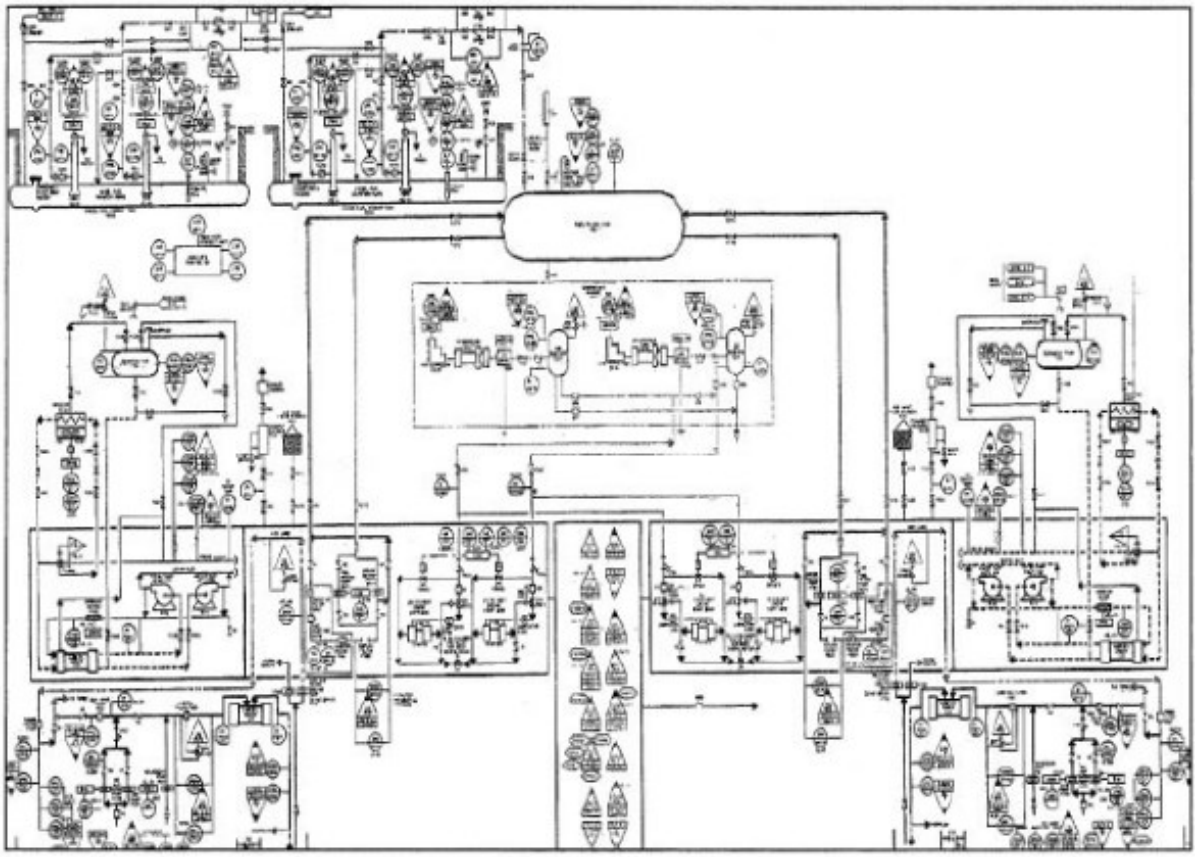
۱- بدانید که چه زمانی یک تجزیه و تحلیل خرابی منفرد[۳] قابل قبول است و چه زمانی قابل قبول نیست.
۲- بدانید که چگونه خرابی های پنهان را شناسایی کنید.
۳- بدانید که چه زمانی یک تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه[۴] مورد نیاز است.

این سه سنگ بنا، بستری برای درک RCM هستند و من آنها را در حال حاضر فقط با ساده ترین اصطلاحات خود معرفی می کنم. آنها در این فصل با جزئیات بیشتری مورد بحث قرار می گیرند.

---

[۱] check valves
[۲] Cornerstones
[۳] single-failure analysis
[۴] multiple-failure analysis

۱- تجزیه و تحلیل خرابی منفرد RCM :یک تجزیه و تحلیل تک-خرابی است، به جز زمانی که خرابیِ منفرد پنهان است. زمانی که خرابیِ منفرد پنهان است، RCM به یک تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه تبدیل می شود.
-۲خرابی های پنهان: زمانی که یک تجهیز برای انجام دادن کارکردش مورد نیاز است و وقوع خرابی برای کارکنان عملیات آشکار نیست (یعنی، عملیات کلی فوری سیستم در هردو حالت عادی[۱] یا تقاضای عملیات[۲] به صورت غیرمؤثر باقی می ماند)، آنگاه خرابی به عنوان پنهان تعریف می شود. پرداختن به حالت های خرابی پنهان یکی از جنبه های کلیدی برای دستیابی به قابلیت اطمینان کارخانه است.
-۳تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه: تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه هنگامی مورد نیاز است که وقوع یک خرابیِ منفرد پنهان باشد.
شکل ۳-۱، شماتیک عملیاتی یک سیستم نوعی را نشان می دهد. در ابتدا ممکن است این نمودار پیچیده به نظر برسد؛ با این حال، هنگامی که شما متوجه شوید که به جای تجزیه و تحلیل یکبارهٔ کل سیستم، هر جزء را به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل خواهید کرد، عامل ترس به طور کامل ناپدید خواهد شد.



شکل ۳-۱-یک نمودار نوعی

[۱] normal
[۲] demand

تصاویر و مثال هایی که من در سراسر این کتاب استفاده می کنم، گزیده هایی ساده از نمودار سیستم های واقعی و نقشه های لوله کشی و ابزاردقیق[۱](P&ID) هستند. دلیل این امر نشان دادن این موضوع است که واقعاً چقدر ساده است که هنگام تجزیه و تحلیل کارکردها در سطح تجهیزات باقی بمانید. مهم نیست که نمودار کارخانه یا سیستم چقدر پیچیده باشد، شما در نهایت با تقلیل آن به تجهیزات مجزایش، آن را ساده می سازید. اغلب سؤالی دربارۀ گروه بندی تجهیزاتی از نوع مشابه با هم مطرح می شود. گروه بندی کارکردهای انواع مشابهی از تجهیزات با هم روشی پذیرفته شده نیست، زیرا انواع یکسانی از تجهیزات بسته به اینکه کجا و چگونه در طراحی کارخانه گنجانده شده است، کارکردهای بسیار متفاوتی خواهند داشت. به عنوان مثال، موتور نوع XYZ در یک کاربرد ممکن است دارای کارکرد بسیار متفاوتی نسبت به همان نوع موتور XYZ در کاربرد دیگری درکارخانه باشد. با این حال، گروه بندی فعالیت ها برای نوع یکسانی از تجهیزات بسیار مؤثر است. با این وجود، ممکن است دورۀ تناوب این فعالیت ها بسیار متفاوت باشد، باز هم بسته به کاربردهای منحصربفردشان درکارخانه. به عنوان مثال، موتورهای بزرگ با توان اسب بخار خاص ممکن است دارای فعالیت های PM خاص مشابهی باشند، مانند ترموگرافی، تست میگر وتجزیه و تحلیل امضای جریان الکتریکی موتور[۲]، امّا ممکن است دوره های تناوب بسته به زمان های عملیات تجمعی، محیط یا سایر تفاوت های نصب یا طراحیِ متمایز متفاوت باشند. من در فصل۶ دربارۀ فعالیت های PM و دوره های تناوب بیشتر بحث خواهم کرد.

۳-۳- خرابی های پنهان، افزونگی و تجهیزات حیاتی[۳]

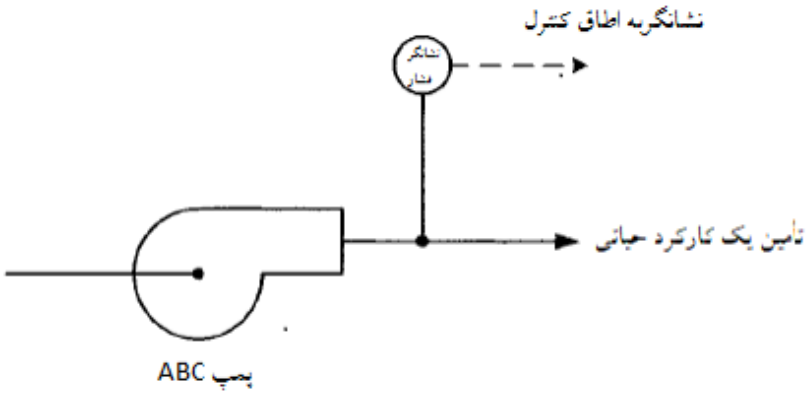
بیشتر کتاب های RCMبه توضیح مفصلی از جنبه های اجرایی جانبیِ فرایند مانند ایجاد مرزهای سیستم و رابط ها می پردازند که شما آموختید که حتی برای تجزیه و تحلیل ضروری نیستند. آنها فقط بحث سرسری و کوتاهی دربارۀ ماهیت فرایند RCM ارائه می دهند که عبارتند از درک خرابی های پنهان، تفاوت افزونگی واقعی، تجزیه و تحلیل یک کارکرد پشتیبان یا آماده به کار، تعیین زمانی که می توان تجزیه و تحلیل کارکرد-تا-خرابی را به کار گرفت و تعیین زمانی که یک تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه مورد نیاز است. از آنجا که این مفاهیم بسیار مهم هستند، بیایید با نگاهی به مثال های زیر، ببینیم چگونه یک خرابی منفرد، خرابی های پنهان، خرابی های چندگانه، افزونگی و کارکردهای پشتیبان همگی با هم جفت و جور می شوند.

شکل ۳-۲ یک تجزیه و تحلیل بسیار اساسیِ تک-خرابی را نشان می دهد. فرض کنید پمپ ABC جریان نفت سیاه را برای انجام یک کارکرد حیاتی برای راه اندازی یک دیزل ژنراتور اضطراری فراهم می کند. در این تصویر اگر پمپ ABC از کار بیفتد، از دست رفتن این کارکرد به دو روش آشکار خواهد شد. عملکرد پمپ به صورت

[۱] piping and instrumentation drawings
[۲] motor current signature analysis
[۳] Hidden Failures, Redundancy and Critical Components

مداوم توسط ابزار دقیق در اطاق کنترل نظارت می شود به طوری که اگر پمپ از کار بیفتد، آشکار می شود و دوم اینکه، ناتوانی دیزل برای کارکرد در زمانی که برای شروع به کار فراخوانده می شود نیز به دلیل کمبود جریان سوخت آشکار خواهد شد. دیدن این که خرابی پمپ منجر به یک پیامد ناخواسته برای کارخانه می شود، بسیار ساده است، به خصوص در صورت از دست رفتن برق سایت همراه با در دسترس نبودن منبع برق دیزل جایگزین. این پیامد بسیار قابل توجهی خواهد بود و یک فعالیت PM برای تضمین قابلیت اطمینان پمپ مورد نیاز خواهد بود. این خرابی، یک نمونه خرابی منفرد است که در آن خرابی آشکار است و باعث بروز فوریِ یک پیامد ناخواسته می شود. بنابراین این تجهیز به عنوان یک تجهیز حیاتی دسته بندی می شود، به این معنا که وقوع خرابی تجهیز زمانی آشکار است که از کار بیفتد و خرابیِ آن دارای یک پیامد فوریِ ناخواسته برای کارخانه است که در این مورد از دست رفتن جنبهٔ ایمنی است.

شرایط: پمپ ABC به تنهایی کارکرد را تأمین می کند. اگر پمپ ABC خراب شود، آشکار نمی شود زیرا نشانگرکاربردی در اطاق کنترل وجود دارد.

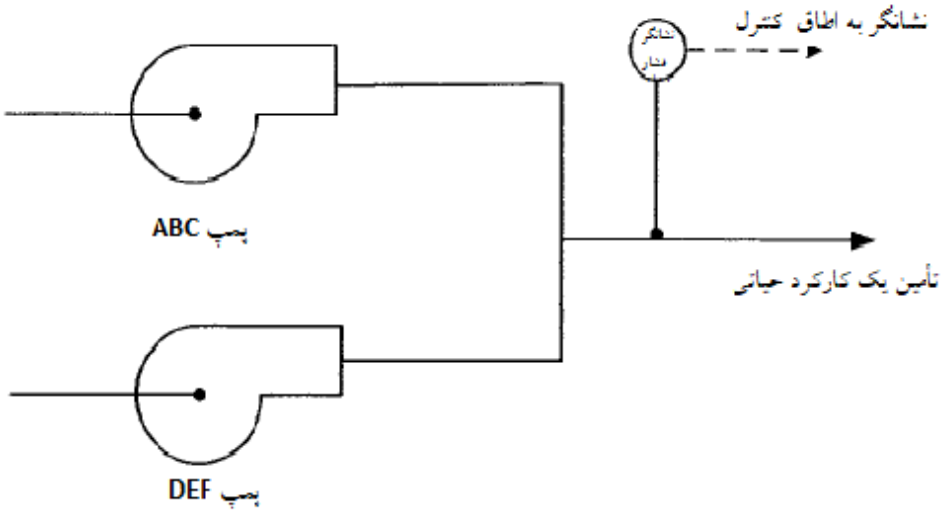


شکل ۳-۲- تجزیه و تحلیل تک– خرابی. یک تجزیه و تحلیل تک–خرابی زمانی قابل قبول است. اگر پمپ ABC خراب شود، آشکار خواهد شد و یک پیامد خرابی نامطلوب فوری خواهد داشت.

حالا بیایید به یک پیکربندی مشابه نگاهی بیندازیم. در مثال نشان داده شده در شکل ۳-۳ ، طراح دیزل یا طراح کارخانه احساس کرده است که شروع به کار دیزل در صورت تقاضا بسیار مهم است و اینکه او دو پمپ نفت کوره را، هر یک با ۱۰۰ درصد ظرفیت، ترکیب کرده است به طوری که هر کدام توانایی آن را داشته باشد

که دیزل را راه اندازی کند. طراح علاوه بر پمپ ABC، پمپ DEF را نیز برای کار همزمان با پمپ ABC امّا با مسیر جریان جداگانه اضافه کرده به طوری که دیزل هرگز در شروع به کار از کار نمی افتد حتّی اگر یکی از پمپ ها از کار بیفتد. ترانسمیتر نشاندهندهٔ فشار که به طور مداوم در اطاق کنترل نظارت می شود، در پائین دست هر دو پمپ قرار دارد. حالا بیایید این سناریو را تجزیه و تحلیل کنیم. بیایید فرض کنیم پمپ ABC از کار بیفتد. آیا خرابی آشکار است؟ پاسخ منفی است. خرابی آشکار نیست زیرا برای هر پمپ جداگانه هیچ نشاندهندهٔ فشاری وجود ندارد و از آنجا که هرکدام از پمپ ها می توانند جریان نفت کورهٔ مورد نیاز را تأمین کنند، پمپ DEF به تأمین جریان مورد نیاز ادامه می دهد و ترانسمیتر فشار پائین دست به خواندن فشار صحیح در اطاق کنترل ادامه می دهد. اینجا چه اتفاقی رخ داده است؟ ظاهراً ما دو پمپ افزونه داریم و یکی از آنها خراب شده است امّا هیچ کس این را نمی داند. بنابراین خرابی پمپ ABC پنهان است و آسیب پذیری کارخانه کشف نشده باقی می ماند. ویژگی افزونگی که توسط طراح به خصوص جهت ارتقاء ایمنی و قابلیت اطمینان گنجانده شده است، به طور کامل بی اثر شده است. اکنون دیزل در وضعیت آسیب پذیری ناشی از خرابی منفرد پمپ DEF قرار دارد.

شرایط : هردو پمپ کار می کنند و هر یک از دو پمپ می تواند به تنهایی کارکرد را تأمین کند. اگر یک پمپ خراب شود، پنهان می ماند زیرا نشانگر اطاق کنترل در پائین دست هر دو پمپ قرار دارد.



شکل ۳-۳-تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه. یک تجزیه و تحلیل تک–خرابی قابل قبول نیست و تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه مورد نیاز است. اگر پمپ ABC (یا DEF) خراب شود، آشکار نخواهد شد و پیامد خرابی نامطلوب فوری ندارد.

بسیاری از کتاب ها و مقالات RCM و متأسفانه بسیاری از مشاوران، پمپ ABC را یک تجهیز کارکرد-تا–خرابی در نظر می گیرند به این دلیل که از نظر آنها مهم نیست که این پمپ از کار بیفتد، از آنجا که اگر خراب شود هیچ اتفاقی نمی افتد و تجهیز افزونه دیگری وجود دارد. چه اشتباهی! این همان تله ای است که به حوادث فاجعه بار ناخواستهٔ زیادی منجر شده است. درواقع، این یک دلیل اصلی است که چرا پیاده سازی موفقیت آمیز RCM اینقدر دور از دسترس بوده است. خرابی پمپ ABC، یک خرابی پنهان است! بنابراین یک تجزیه و تحلیل تک-خرابی قابل قبول نیست و تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه مورد نیاز است. تجزیه و تحلیل پیامد خرابی پنهانِ پمپ ABC ما را ملزم می کند که ببینیم چه خرابی های اضافی، در ارتباط با خرابی پمپ ABC ، می تواند به یک پیامد ناخواسته برای کارخانه منجر شود. از آنجا که خرابی پمپ ABC پنهان است و می تواند برای مدتی درحالت یک « سلول مخفی » پنهان بماند، چه می شود اگر پمپ DEF خراب شود؟ آن وقت ما وضعیتی مشابه با تجزیه و تحلیل شکل ۳-۲ خواهیم داشت. یک اثر فوری بر روی کارخانه اتفاق می افتد امّا تنها پس از این که هر دو پمپ از کار بیفتند. بنابراین پمپ ABC، یک تجهیز «بالقوه حیاتی» است. چرا نامگذاری «بالقوه حیاتی»؟ این، قلب و شالودهٔ قابلیت اطمینان است و بعداً در این فصل به تفصیل مورد بحث قرار می گیرد.

در شکل ۳-۳ ، از آنجا که اگر ابتدا پمپ DEF از کار بیفتد، ممکن است وضعیت مشابهی رخ بدهد، این خرابی نیز تا زمان از کار افتادن پمپ ABC پنهان می ماند و بنابراین هردو پمپ به عنوان قطعات «بالقوه حیاتی» در نظر گرفته می شوند. به این معنی که آنها پتانسیل این را دارند که با وقوع یک خرابی چندگانهٔ اضافی باعث به وجود آمدن یک پیامد خرابی برای کارخانه شوند.

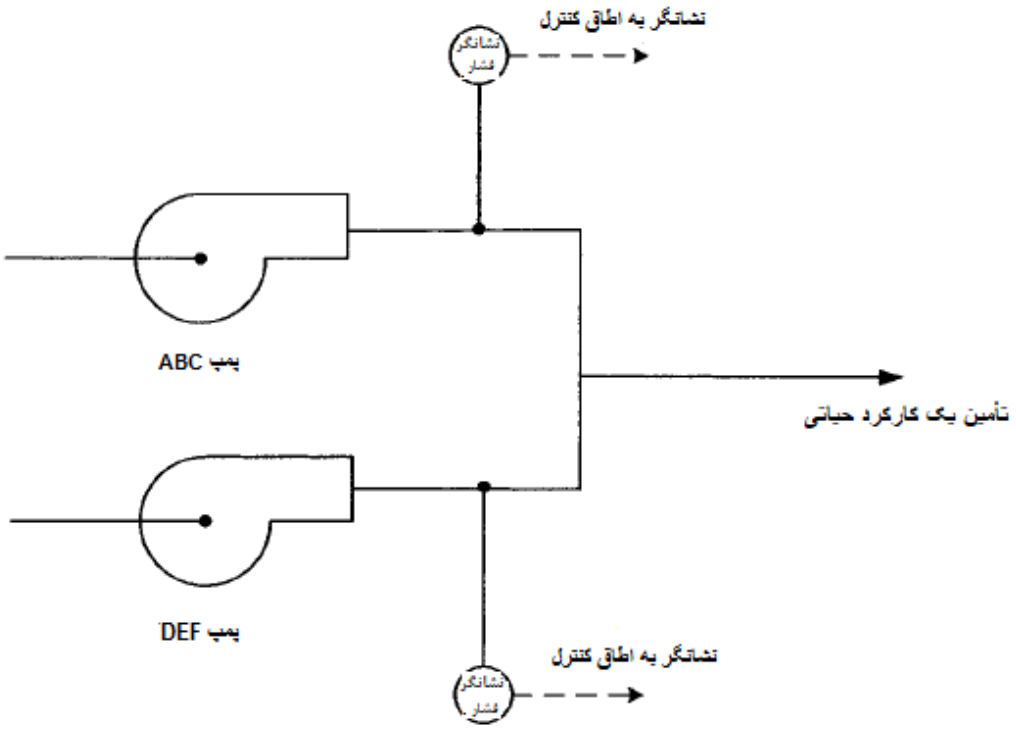
دلیل وجود دو پمپ این است که طراحی تک-خرابی قابل قبول نبود. چه می شود اگر طراح ۱۰۰ پمپ نفت کوره را، همه به صورت موازی، بدون وجود هرگونه نشانگر خرابی برای هر پمپ به صورت جداگانه بگنجاند؟ شما می توانید ۹۹ عدد از آنها را به صورت خراب داشته باشید بدون اینکه مطلع باشید و در نهایت به آسیب پذیری تک-خرابی باز گردید.

این فرض که فقط به علّت وجود دو پمپ به طور خودکار یک پشتیبان افزونهٔ تضمین شده دارید، یک احساس کاذب از امنیت ایجاد می کند و بنابراین این پمپ ها قطعات غیرحیاتیِ کارکرد-تا–خرابی هستند. آیا نیستند! به یاد داشته باشید که خرابی پمپ ABC (یا DEF) به خودی خود منجر به یک اثر فوریِ کارخانه نخواهد شد. آشکار شدن اثر فوریِ کارخانه نیاز به خرابی ثانویهٔ اضافی دارد.

اکنون که ما شروع به درک بیشتری در مورد خرابی های پنهان می کنیم، اجازه دهید به مثال شکل ۳-۴ نگاهی بیندازیم. در این تصویر، به یک تفاوت جزئی توجه کنید. هر پمپ ابزار دقیقِ نشاندهندهٔ خودش را دارد که توسط کارکنان عملیات در اطاق کنترل نظارت می شوند. درصورت عدم وجود هرگونه الزام قانونی که هردو پمپ باید قابل به کارگیری باشند و در صورت عدم وجود هرگونه ملاحظهٔ اقتصادی برای هزینهٔ نیروی کار یا

هزینهٔ قطعات، پمپ ABC (یا DEF) تجهیزات کارکرد–تا–خرابی هستند زیرا وقتی یکی از آنها از کار بیفتد، هیچ اثر فوری وجود ندارد، امّا مهمتر این که نشانه ای وجود دارد که خراب شده است و اجازه می دهد قبل از خرابیِ پمپ دیگر نگهداری و تعمیراتِ اصلاحی به موقع انجام شود. آسیب پذیری کارخانه با خرابیِ هر یک از پمپ ها، دیگر نامشهود نیست.

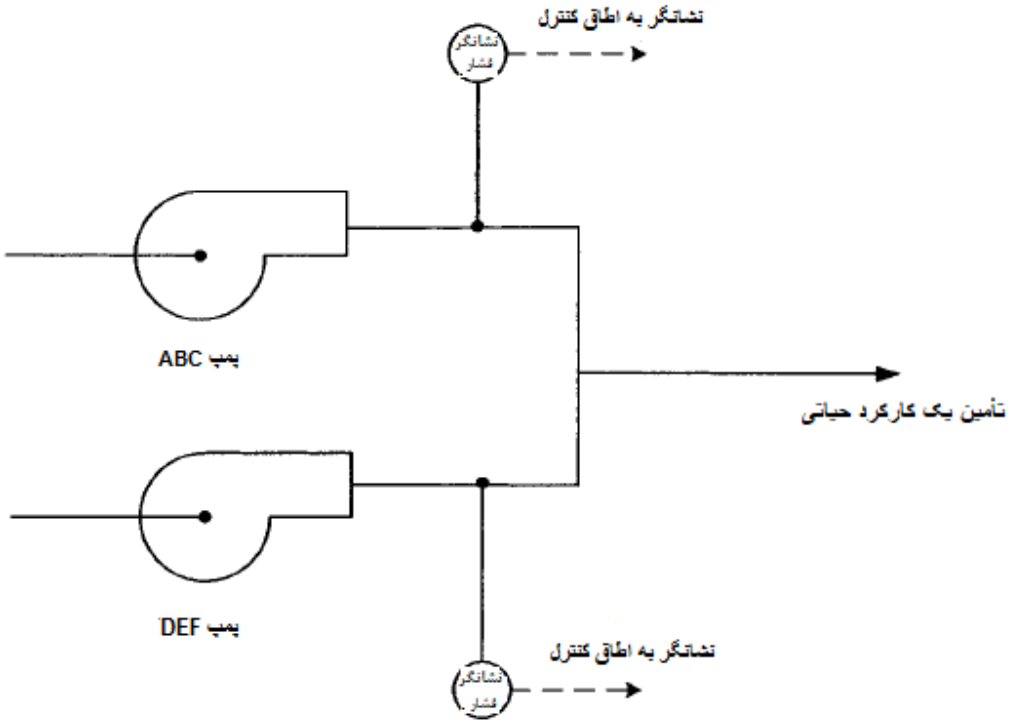
شرایط : هردو پمپ کار می کنند و هر یک از دو پمپ می تواند به تنهایی کارکرد را تأمین کند. اگر یک پمپ خراب شود، پنهان نمی ماند زیرا برای هر پمپ نشانگر اطاق کنترل وجود دارد.



شکل ۳-۴-تجزیه و تحلیل کارکرد-تا-خرابی. بدون هیچ پیامد ایمنی، عملیاتی یا اقتصادی در نتیجهٔ خرابی یک پمپ منفرد، هر پمپ یک تجهیز کارکرد–تا– خرابی است زیرا خرابی هر یک از آن ها برای اطاق کنترل آشکار می شود. هنگامی که هر یک از دو پمپ خراب می شود، نگهداری و تعمیرات اصلاحی باید در اسرع وقت انجام شود.

حالا بیایید به یک سناریوی دیگر نگاه کنیم. چه اتفاقی رخ می دهد اگر پمپ DEF برای پمپِ در حالت عادی فعالِ[1]ABC یک پمپ پشتیبان یا آماده به کار باشد و فقط در صورت خرابی پمپ ABC در دسترس باشد؟ بیایید شکل ۳-۵ را برای بررسی این سناریو بررسی کنیم.

شرایط : پمپ ABC به تنهایی کارکرد را تأمین می کند. پمپDEF کار نمی کند اما اگر پمپ ABC خراب شود، پمپ پشتیبان است.



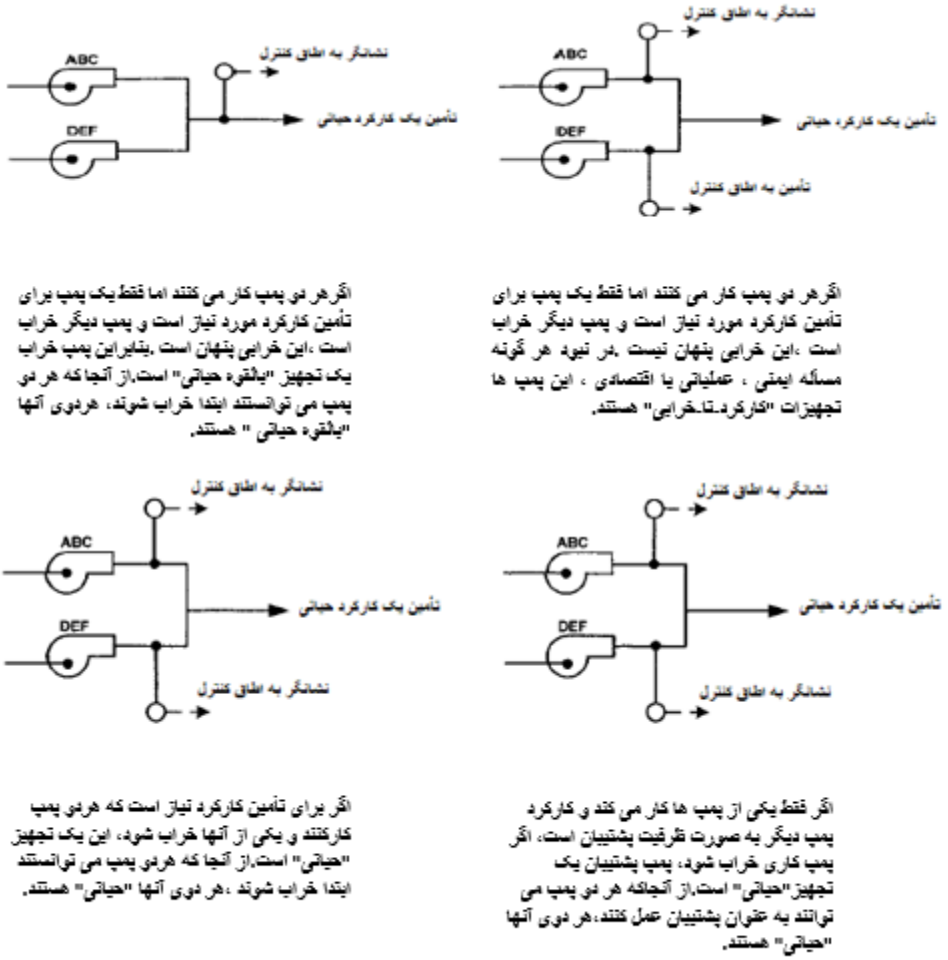
شکل ۳-۵- تجزیه و تحلیل کارکرد پشتیبان. پمپ DEF یک تجهیز پشتیبان است. اگرچه در حال کار نیست، کارکردش فراهم نمودن پشتیبان در زمان خرابی پمپ ABC است. از آنجا که هر پمپ می تواند به عنوان پشتیبان برای دیگری عمل کند، هر دوی آنها تجهیزات حیاتی هستند.

همانطور که می بینید، پمپ پشتیبان DEF یک تجهیز «حیاتی» است زیرا اگر این پمپ در زمان خراب شدن پمپABC که در حالت عادی فعال است، کار نکند، پیامد خرابی ناخواسته ای رخ خواهد داد (به عنوان مثال، از دست رفتن ویژگی ایمنی). اگر هر یک از پمپ ها بتوانند به عنوان پشتیبان برای پمپ دیگر عمل کنند، پس هر دو حیاتی هستند.

چهار مثال قبلی نشان داد که چگونه تفاوت هایی ظریف می تواند منجر به نتایجی شود که از دسته بندی به عنوان یک تجهیز «حیاتی» تا تجهیز «کارکرد-تا-خرابی» تغییر می کند. شکل ۳-۶ این تفاوت ها را در یک

[1] normally operating pump

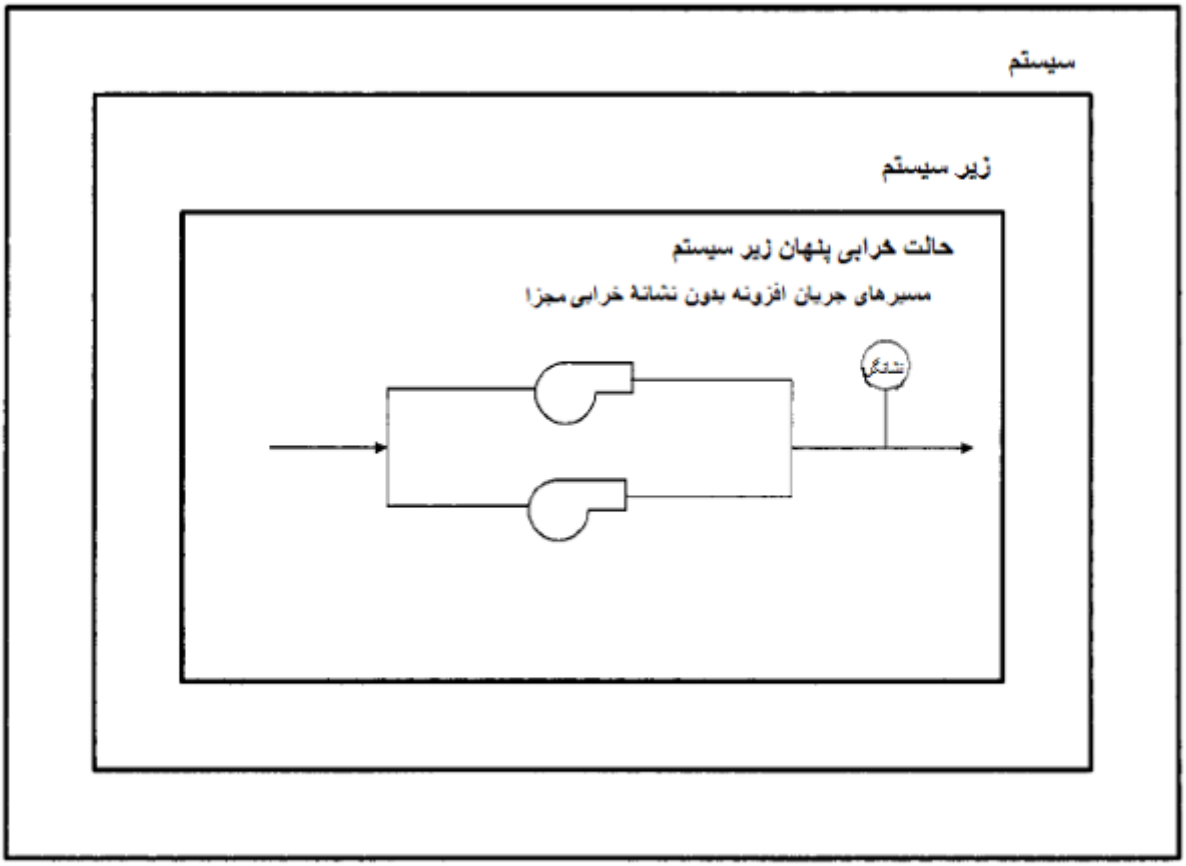
تصویر نشان می دهد. تجزیه و تحلیل نادرست یک تجهیز می تواند نتایج فاجعه باری داشته باشد، همانطور که در ادامهٔ این فصل خواهید دید.



شکل ۶-۳–چگونه سناریوهای ظاهراً مشابه می توانند نتایج کاملاً متفاوتی به همراه داشته باشند.

تصاویر قبلی مثال هایی واقعی بودند؛ اکنون بیایید به یک سناریوی واقعی دیگر همانطورکه در شکل ۳-۷ نشان داده شده است، نگاهی بیندازیم. در سرتاسر این مثال ها و تصاویر، من نمادهایی را برای شیرها و پمپ ها به عنوان بخشی از تصاویر ترسیم کرده ام. با این حال این مثال ها به راحتی می توانستند نمادهایی از موتورها، سوئیچ های سطح[1] ، وسایل ایمنی، یا هر نوع تجهیز دیگری باشند.

[1] level switch



شکل ۳-۷- یک خرابی پنهان

آیا شکل ۳-۷ آشنا به نظر می رسد؟ احتمال دارد. این تصویر بخشی ساده شده از نمودار یک سیستم نفت کورهٔ دیزل ژنراتور اضطراری واقعی است. این واقعیت که فقط یک پمپ برای دستیابی به کارکرد تأمین نفت کوره مورد نیاز است، این سناریو را با مثال شکل ۳-۳ یکسان می کند. خرابی هردو پمپ یک خرابی پنهان است زیرا هیچ ابزار دقیق جداگانه ای برای نظارت بر هر پمپ وجود ندارد.کارکرد این پمپ ها تأمین نفت کوره برای راه اندازی دیزل است. دو دیزل وجود دارد که کارکرد آن ها تأمین برق AC برای اتوبوس های برقی اضطراری در صورت قطع برق محلی است. این یک الزام قانونی است که هر دو دیزل باید قابل کار باشند. در این مورد، دیزل هنگامی برای راه اندازی فراخوانی می شود که همزمان با از دست دادن برق AC، یک سیگنال ولتاژ پایین[۱] دریافت کند. وقتی که این سیگنال به صورت واقعی رخ دهد نه به عنوان یک آزمایش، قطعاً زمان آن نیست که بفهمیم دیزل شروع به کار نخواهد کرد زیرا هر دو پمپ از کار افتاده بودند. اگرچه ممکن است تعجب آور به نظر برسد، یک الزام قانونی اولیه برای قابلیت کار این دیزل توسط یک تست ماهیانهٔ قابلیت کار برای کلِ واحد برآورده می شد. همانطور که اکنون دیدید و آموختید، این آزمایش کافی نیست .

[۱] undervoltage signal

خرابی های پنهان اغلب (اما نه همیشه)، خرابی های یک یا چند تجهیز در یک طراحی موازی بدون هیچ نشانه ای از خرابی برای هر تجهیز مجزا هستند. در این تصویر واقعی، توجّه کنید که تنها ترانسمیتر نشاندهندهٔ فشار در پائین دست هر دو پمپ قرار دارد. یکی از دو تجهیز می تواند خراب شود امّا از آنجا که هریک به تنهایی می توانند ۱۰۰ درصد کارکرد را برآورده کنند و سوخت مورد نیاز را با فشار طراحی شده تأمین کنند، فقط هنگامی که مورد دوم خراب شود (یعنی خرابی چند گانه)، خرابی کارکردیِ کل دیزل آشکار خواهد شد؛ از این رو خرابی تجهیز اول «بالقوه حیاتی» است. از آنجا که هر دو پمپ می توانند اول خراب شوند، هر دو بالقوه حیاتی هستند.

برای خلاصه کردن این سناریو، اگر یک پمپ به هردلیلی از کار بیفتد، پمپ دیگر کارکرد را فراهم می کند و هنوز هم فشار قابل قبول را در اطاق کنترل نشان می دهد. تست شروع به کار ماهیانهٔ دیزل هر ماه انجام می شود و همچنان موفق خواهد بود. با این حال، فقط زمان لازم است تا پمپ دوم از کار بیفتد (یعنی از کار افتادن آن حتمی است امّا مشخص نیست چه زمانی از کار می افتد) و سپس کارکرد تأمین نفت کوره از دست خواهد رفت و به یکی از واحدهای دیزل اضطراری اجازه می دهد در برابر خرابی کارکردی تسلیم شود. از آنجا که قانون مورفی[۱] در نهایت پیروز می شود، اگر به آن زمان کافی بدهید، حدس می زنید چه اتفاقی رخ می دهد اگر دیزل اضطراری برای کارکرد در یک موقعیت واقعی در بازهٔ زمانی بین برنامهٔ تست ماهیانه فراخوانده شود و راه اندازی نشود؟ چه می شود اگر سناریوی یکسانی برای هر دو دیزل اضطراری رخ بدهد؟ این می تواند فاجعه بار باشد! دقیقاً چنین خرابی هایی است که باعث شدیدترین پیامدهای ناخواسته برای یک تأسیسات می شود. بنابراین رسیدگی به حالت های خرابی بالقوه حیاتی یک جنبهٔ کلیدی برای دستیابی موفق به قابلیت اطمینان کارخانه است .

چگونه می شد از این امر اجتناب کرد؟ خیلی ساده. در سطح کارکردی تجهیز، شما شناسایی می کردید که خرابی منفردِ یک پمپ، خرابی پنهان بود. سپس می فهمیدید که یک تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه ضروری است و درک می کردید که اگر خرابی اضافیِ پمپ دیگر رخ بدهد، شما با از دست رفتن کامل قابلیت شروع به کار دیزل مواجه خواهید شد. بنابراین یک فعالیت PM برای بررسی این تجهیزات بالقوه حیاتی مورد نیاز بود تا از خرابی آنها جلوگیری شود.

شما همچنین می دیدید که حتّی اگر دو پمپ افزونه وجود داشت، این امر به خودی خود این تجهیزات را واجد شرایط نمی کند که تجهیزات «غیرحیاتیِ کارکرد-تا-خرابی» دارای هیچ گونه استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نباشند. حداقل یک فعالیت جستجویِ خرابی[۲] در سطح تجهیز(نه در سطح سیستم یا زیر سیستم) مورد نیاز است.

---

[۱] Murphy's Law

[۲] failure-finding task

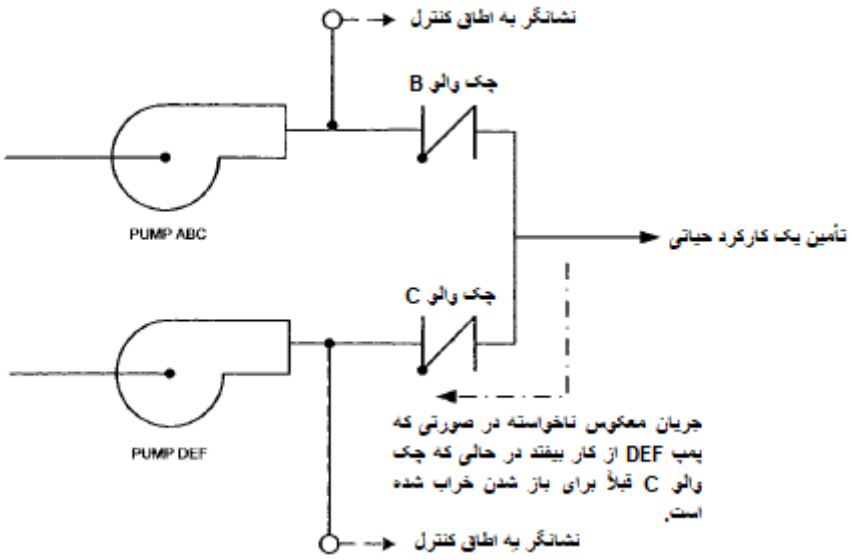
بیشتر افراد به طور خودکار به این نتیجه می رسند که نوعی تغییر طراحی[1]برای اجتناب از این مشکلِ بالقوه ضروری است. این موضوع درست نیست. در واقع، اکثریت قریب به اتفاق این سناریوها را می توان به راحتی با اضافه نمودن یک فعالیت PM به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خود حل کرد. نیاز به تغییر طراحی، استثناء است نه قاعده. رفع نگرانی آسیب پذیری در شکل ۳-۷ یک اصلاح گران قیمت نبود. این کار به سادگی با اضافه نمودن یک گام تأیید نهایی به رویهٔ عملیاتیِ موجود انجام می شد که ملزم می کرد اپراتور «گوش دهد» که هر دو پمپ در حال کار باشند تا کارکرد همزمان آنها را تأیید کند. فصل۶ با جزئیات زیاد، منطقی را برای تعریف فعالیت های PM و تعیین اینکه چه زمانی ممکن است یک تغییر طراحی مورد نیاز باشد، مورد بحث قرار می دهد.

به یاد داشته باشید که این فقط یک سناریوی معمولی در زندگی واقعی بود. همین مسائل اساسی برای تعداد زیادی از موقعیت های مشابه در تأسیسات شما قابل کاربرد است. در این مثال، تجزیه و تحلیل RCM مشخص کرد که پمپ های ABC و DEF هر دو بالقوه حیاتی هستند زیرا هر یک از آنها می تواند از کار بیفتد و آشکار نباشد و بنابراین هر دو به یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای اطمینان از قابلیت اطمینان دیزل نیاز دارند. آیا می توانید تصور کنید که این تجهیزات به عنوان تجهیزات کارکرد-تا-خرابی(RTF) تعیین شوند؟ یا به عنوان تجهیزات غیر حیاتی؟ یکی از آنها می توانست برای مدت طولانی در حالت سلول مخفی به صورت خراب بوده باشد و فقط منتظر باشد تا دیگری از کار بیفتد که در این صورت پیامد بسیار ناخواسته ای برای تأسیسات رخ می داد (یعنی نبود برق AC برای برخی از اتوبوس های اضطراری در طول یک عملیات اورژانس). همانطور که اشاره کردم، در این شرایط زمانی وجود ندارد که بفهمیم هیچ یک از پمپ ها برای تأمین قابلیت راه اندازی دیزل عمل نمی کنند. هدف طراحی از داشتن دو پمپ برای افزونگی کاملاً بی اثر می شد. کابوس وارترین سناریو زمانی رخ می داد که این خرابی پنهان با وجه مشترک یکسان برای هر دو دیزل اضطراری رخ می داد.

بیایید به یک سناریوی معمولی دیگر نگاهی بیندازیم که حالت های خرابی پنهان را نشان می دهد. درشکل ۳-۸ دو پمپ به طور هم زمان کار می کنند. برای هر کدام یک شیر یکطرفه تخلیه[2] وجود دارد که در صورت خرابی هر یک از پمپ ها از جریان برگشتی جلوگیری کند. چه می شود اگر شیر یکطرفه C در حالت باز خراب شود در حالی که هر دو پمپ در حال کار هستند؟ هیچ چیز. هیچ چیزی اتفاق نمی افتد اگر این شیر یکطرفه در موقعیت باز خراب شود، امّا خرابی یک شیر یکطرفه در موقعیت باز[3] نیز آشکار نیست. بنابراین یک تجزیه و

[1] design change
[2] discharge check valve
[3] open-failed check valve

تحلیل خرابی چندگانه مورد نیاز است تا ببینیم چه پیامدی می تواند رخ بدهد اگر تجهیز دیگری از کار بیفتد در حالی که شیر یکطرفه C در موقعیت باز به صورت پنهان خراب مانده است؟



- **شرایط کارخانه:**
  - در طول کارکرد عادی کارخانه، پمپ های ABC و DEF هر دو در حال کار هستند و یک کارکرد حیاتی را تأمین می کنند.
  - شیر یکطرفه C به دلیل سایش پین لولا در موقعیت باز از کار می افتد.
- **ملاحظات تجزیه و تحلیل:**
  - خرابی شیر یکطرفه C در موقعیت باز یک خرابی پنهان است، هیچ نشانه ای از خرابی وجود ندارد و هیچ پیامد عملیاتی برای کارخانه یا تأسیسات وجود ندارد.
  - با این حال، با یک خرابی اضافی، مانند خرابی پمپDEF، یک پیامد عملیاتی کارخانه به دلیل انحراف جریان از پمپ ABC از طریق شیر یکطرفه خراب در موقعیت باز، رخ خواهد داد.

نتایج تجزیه و تحلیل :

اثر خراب شدن شیر C در موقعیت باز در حین کارکرد معمولی کارخانه به عنوان «بالقوه حیاتی» در نظر گرفته می شود، زیرا خرابی آن «پنهان» است و تا زمانی که خرابی دوم (پمپ DEF) رخ ندهد، پیامدی برای کارخانه یا تأسیسات رخ نخواهد داد. از آنجایی که اگر شیر یکطرفه ABC از کار بیفتد، همین سناریو ممکن است اتفاق بیفتد، این تجهیز نیز به عنوان «بالقوه حیاتی» در نظر گرفته می شود.

در مورد پمپ ها چطور؟ اگر هر دو پمپ کار می کنند اما فقط یک پمپ برای برآورده کردن کارکرد مورد نیاز است و پمپ دیگر خراب می شود، این خرابی «پنهان» نیست. در غیاب هرگونه ملاحظات ایمنی، عملیاتی یا اقتصادی، این پمپ ها تجهیزات «کارکرد تا خرابی» هستند. برای پمپ خراب باید نگهداری و تعمیرات اصلاحی به موقع انجام شود پیش از اینکه پمپ دیگر خراب شود.

شکل ۳-۸-یک خرابی پنهان

اگر پمپDEF اکنون خراب شود چه چیزی رخ می دهد؟ در شرایطی که شیر یکطرفهC قادر به بسته شدن نیست، یک شرایط جریان برگشتی از پمپ ABC رخ می دهد که جریان طراحی را از کارکرد حیاتی که ارائه می کرد منحرف می کند. بنابراین شیر یکطرفه Cیک تجهیز بالقوه حیاتی است و از آنجا که هر یک از این شیرهای یک طرفه می توانند ابتدا خراب شوند، هردو شیر یکطرفه تخلیه به عنوان تجهیز بالقوه حیاتی دسته بندی می شوند. در مورد خود پمپ ها چطور؟ در غیاب هرگونه مسألۀ ایمنی، عملیاتی یا اقتصادی، و با فرض اینکه هردو پمپ می توانند جریان لازم را به تنهایی تأمین کنند، هردو پمپ به عنوان تجهیزات«کارکرد-تا-خرابی» در نظر گرفته می شوند زیرا نشانه ای از خرابی برای هر یک از آنها وجود دارد و پیامدی ناشی از خرابی هر کدام وجود ندارد. همانطورکه در ادامۀ این فصل خواهید آموخت، نگهداری و تعمیرات اصلاحی این پمپ خراب شده باید به موقع انجام شود.

۳-۴- تست سیستم های پنهان

در مثال شکل ۳-۷، شما در واقع یک خرابی پنهان در یک زیر سیستم پنهان در یک سیستمِ پنهان دارید. سیستم کل سیستم دیزل است که یک سیستم آماده به کار پنهان است. زیر سیستم، یک سیستم راه انداز نفت کوره است که یک زیر سیستمِ پنهان از دیزل است و حالت خرابی پنهان در این زیر سیستم، پمپ نفت کوره است. همانطور که می بینید، هنگام تجزیه و تحلیل کارکردها در سطح تجهیز، به وضوح این پیامد بالقوه حیاتی مشخص می شود. اگر شما با شناسایی کارکردها در سطح سیستم شروع کنید، پیامد خرابی پمپ های نفت کوره به راحتی قابل مشاهده نخواهد بود و در واقع جز در صورتی که تجربۀ تجزیه و تحلیل RCM داشته باشید، حتّی ممکن است آن را کاملاً از دست بدهید.

برخی از شما ممکن است فکر کنید :«کل دیزل یک کارکرد پنهان است، پس چگونه می توانم آن را تجزیه و تحلیل کنم؟». برای این که تجزیه و تحلیل مفید باشد، هر سیستمِ به صورتِ عادی غیر عملیاتی[۱] مانند اطفاء حریق، برق اضطراری یا کمکی، آب تغذیۀ اضطراری، ابزارهای توقف خودکار، یا هر سیستم آماده به کار اضطراری دیگری که به طور معمول کار نمی کند، باید در حالت تقاضای عملیات[۲] آن تجزیه و تحلیل شود، درست مانند اینکه حالت تقاضا[۳]، حالت عملیاتی عادی[۴] آن است.

به همان اندازه مهم است که بدانیم حتی یک فعالیت PM که یک تست کلی گسترده از کل سیستم پنهان را تشکیل می دهد، که مستلزم فشردن یک دگمۀ شروع و مشاهدۀ ظاهر شدن نور خروجی است، هنوز برای

[۱] normally nonoperational system
[۲] emand mode of operation
[۳] demand mode
[۴] normal operating mode.

شناسایی سناریوی بالقوه حیاتی قبلی کافی نیست. در این مثال واقعی امّا ساده، یک PM مجزا برای تست هر پمپ به صورت جداگانه و تأیید قابلیت عملکرد آن مورد نیاز است.

حتّی امروز (امّا امیدوارم نه برای مدت طولانی)، تست کل یک سیستم پنهان به صورت یکبار در ماه یا یکبار در هر فصل یک اقدام پذیرفته شده است و آن سیستم را به عنوان یک سیستم ۱۰۰ درصد قابل اطمینان و آماده برای بهره برداری در صورت یک تقاضای اضطراری تأیید می کند. این فعالیت، جستجوی خرابی نامیده می شود و ما در فصل ۶ در مورد انواع مختلف فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بیشتر بحث خواهیم کرد. یک فعالیت جستجوی خرابی نوع معتبری از یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است امّا نباید جایگزینی برای تجزیه و تحلیل داخلی کل سیستم پنهان محسوب شود. حتّی اگر سیستم پنهان ممکن است یکبار در ماه، یکبار در هر فصل، یا در هر بازهٔ زمانی تست شود، این تست به تنهایی حالت های خرابی بالقوه حیاتیِ مخفی را در سطح تجهیز آشکار نخواهد کرد.

۳-۵-حلقهٔ مفقوده : تجهیزات بالقوه حیاتی[۱]

من قبلاً شما را با اصطلاح بالقوه حیاتی آشنا کرده ام. این کار برای آشنایی شما با اهمیت این مفهوم بود. من مفهوم قطعات بالقوه حیاتی را ایجاد کردم زیرا قبلاً هرگز یک دسته بندی قابل درک تجهیزات برای این حالت های پنهان وجود نداشته است. این موضوع یک خلأ در فرایند و منبع بسیاری از سردرگمی ها بود. در واقع، این یک حلقهٔ مفقوده درRCM بود. ممکن است واژه هایی در آنجا بوده باشند و خرابی های پنهان به طور غیرمستقیم ذکر شده باشند، امّا دسته بندی های مرسوم RCM فقط شامل عناوین «حیاتی» و «غیرحیاتی» برای تجهیزات بود. خرابی های پنهان نادیده گرفته می شدند و به صورت خاص شناسایی نمی شدند زیرا آنها در هیچ کدام از دو دستهٔ حیاتی یا غیر حیاتی قرار نمی گرفتند. برای اینکه تجهیزی حیاتی باشد، خرابی آن باید آشکار باشد و اثر فوری برکارخانه داشته باشد. در مورد خرابی های پنهان اینطور نیست. بنابراین از آنجا که خرابی پمپ ABC (یا DEF) در شکل ۳-۷ اثر فوری ندارد، به احتمال زیاد به عنوان غیر حیاتی و کارکرد-تا-خرابی دسته بندی شده اند که قطعاً غلط است.

بخش اعظم مبهم بودن RCM از طریق تلاش برای توجیه این موضوع به وجود آمده است که تجهیزی که خرابی آن هیچ تأثیری بر کارخانه ندارد، هنوز به استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیاز دارد. اگر یک خرابی پنهان در دستهٔ حیاتی گنجانده شد، سپس باید توضیح داده می شد که یک تجهیز حیاتی دارای اثری فوری است، امّا یک تجهیز حیاتی نیز ممکن است اثری فوری نداشته باشد هر چند که خرابی آن پنهان باشد. این موضوع آنقدر گیج کننده بود که استراتژی معمولی که به کار گرفته می شد (البته اضافه کنم که به اشتباه) یک استراتژی کارکرد-تا-خرابی بود و تجهیز به عنوان غیر حیاتی دسته بندی می شد. این یکی از موانع اصلی

[۱] Potentially Critical Components

بر سر راه RCM بود و هنوز هم هست و دقیقاً به همین دلیل است که من این عنوان را به خرابی های پنهان، که می توانند به صورت بالقوه منجر به یک اثر ناخواسته بر روی کارخانه شوند، داده ام. عنوان «بالقوه حیاتی» وضوح مفهومی را که گم شده بود، فراهم می کند.

این جنبه عملاً توسط حتّی برخی از زیرک ترین انواع مهندسی در صنعت ، حتی در صنعت هسته ای(نه اینکه انواع هسته ای نیروی فکر انحصاری دارند) ، کاملاً بد درک شده است. به همین دلیل است که مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی اینقدر مهم است. به نظر من، یافتن خرابی های پنهان و درنتیجه برطرف کردن آنها، به ویژه در سیستم های ایمنی مخفی شما که در حالت عادی کار نمی کنند، بهترین فرصت را برای اجتناب از یک رویداد فاجعه بار فراهم می کند. بعداً در این فصل، در «تشریح یک فاجعه[۱] »، خواهید دید که نادیده گرفتن این جنبه بدون درک مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی چقدر ساده است.

یک تجهیز بالقوه حیاتی تجهیزی است که خرابیِ فوری آن آشکار نیست و بلافاصله حیاتی نیست امّا به خودی خود با گذشت زمان، یا با یک خرابی اضافی یا یک رویداد آغازگر[۲]، پتانسیل حیاتی شدن را دارد، که در این زمان متأسفانه پیامد خرابی ممکن است کاملاً آشکار شود (و حیاتی). پتانسیل تبدیل شدن به یک تجهیز حیاتی می تواند نه تنها با خرابی یک تجهیز اضافی بلکه همچنین با یک رویداد آغازگر اضافی یا حتّی با یک تغییر معمولی اضافی در کارخانه به وجود بیاید(روشن شدن سیستمی دیگر، روشن شدن یک سوئیچ، خاموش شدن یک پمپ و غیره).

اغلب اوقات یک تجهیز بالقوه حیاتی ممکن است خود را ظاهر نکند تا زمانی که رویداد آغازگر دیگری رخ بدهد، مانند آتش سوزی، شکستگی خط بخار، ترکیدن یک لوله و یا قطع برق. من حتّی دیده ام که در جایی یک خرابی پنهان به صورت ناشناخته برای همه در کمین نشسته است، تا زمانی که یک تغییر عملیاتی جدید مانند تغییر به یک پمپ جایگزین که به ندرت استفاده می شود یا آزمایش یک طرحِ به تازگی اصلاح شده در کارخانه رخ دهد. این زمانی نیست که شما شخصاً پی ببرید که در کارخانه آسیب پذیری های موجود را داشته اید که ناشناخته بوده اند. این مورد در صنعت هسته ای اتفاق افتاده است و در هر جایی و در هر صنعتی هم می تواند اتفاق بیفتد.

تجهیزات بالقوه حیاتی می توانند به عنوان «سلول های مخفی» در نظر گرفته شوند که در کمین نشسته و آماده اند که در کارخانه یا تأسیسات شما ویرانی به بار آورند. آنها تجهیزات ازکارافتاده ای هستند که آشکار نیستند و هیچکس نمی داند که از کار افتاده اند. آنها تجهیزاتی هستند که دیگر کار نمی کنند امّا شما دربارهٔ از دست رفتن کارکرد و پیامدهای بالقوهٔ خرابی آنها خبری ندارید و نخواهید داشت تا زمانی که یک خرابی

[۱] Anatomy of a Disaster
[۲] initiating event

اضافی، یک رویداد آغازگر یا تغییری رخ بدهد که باعث شود سلول مخفی خودش را نشان دهد. این یک آسیب پذیری است که باید از آن اجتناب شود.

مفهوم یک تجهیز بالقوه حیاتی[۱] کاملاً متفاوت از خرابی بالقوهٔ[۲] یک تجهیزِ مشخص است و نباید با آن اشتباه شود. خرابی بالقوهٔ یک تجهیز به زمینه ساز[۳] یا علت قریب الوقوعِ یک خرابی تجهیز اشاره دارد، مانند مانیتورینگ یک بیرینگ از نظر لرزش در زمانی که ایجاد صدا کرده است یا مانیتورینگ یک موتور از نظر دماهای بیش از حد زمانی که در حال کار به نظر داغ می رسد. یک تجهیز بالقوه حیاتی به پیامد بالقوهٔ خرابی برای کارخانه پس از خرابیِ پنهانِ تجهیز اشاره دارد که قبلاً، هرچند به صورت ناشناخته، رخ داده است.

به شباهت های بین تجهیزات «حیاتی» و «بالقوه حیاتی» توجه کنید. تنها تفاوت این است که خرابی تجهیزات حیاتی بلافاصله خود را نشان می دهد درحالی که خرابی تجهیزات بالقوه حیاتی پنهان است و تا وقوع یک خرابی چندگانهٔ ثانوی یا یک رویداد آغازگر یا یک مدت زمان خاص خودش را نشان نمی دهد. اکثر تجهیزات بالقوه حیاتی(تقریباً ۹۸ درصد) به دلیل اثرات خرابی های چندگانه یا رویدادهای آغازگر و در مقابل تقریباً ۲ درصد از آنها به علت اثرات مدت زمان[۴]خراب می شوند. دلیل اینکه من جنبهٔ مدت زمان را در تجزیه و تحلیل گنجانده ام این است که تجزیه و تحلیل مطلقاً کامل، تمام عیار و دقیق باشد به طوری که هیچ چیزی از تجزیه و تحلیل فرار نکند یا سهواً حذف نشود.

۱. تجهیزات بالقوه حیاتی به عنوان نتیجه ای از خرابی های چندگانه[۵] یا رویدادهای آغازگر[۶].

زمانی که دو یا چند تجهیز(شیر، پمپ، موتور و غیره) برای تأمین کارکردی عمل می کنند که هر کدام از آنها می توانند به صورت جداگانه کارکرد را انجام دهند، و هیچ نشانه ای از خرابی برای هر تجهیز به صورت جداگانه وجود ندارد، سپس خرابی یکی از این تجهیزات پنهان خواهد شد(هیچ نشانه ای از این که تجهیز خراب شده است وجود نخواهد داشت) و خرابی منجر به یک اثر فوری بر کارخانه نمی شود. با این حال، اگر تجهیز دومی از کار بیفتد یا یک رویداد آغازگر دیگر یا تغییری در کارخانه رخ بدهد که در غیر این صورت به تجهیز خراب تکیه کنید، سپس یک پیامد تأثیرگذار برای کارخانه رخ خواهد داد. از این رو، تجهیز به عنوان بالقوه حیاتی در نظر گرفته می شود. مثال معمول دیگر، شیر یکطرفه تخلیهٔ پمپ نشان داده شده در شکل ۳-۸ است. اگر دو پمپ هم زمان در حالت کار عادی باشند، خرابی شیر یکطرفه تخلیه در موقعیت باز پنهان خواهد شد. فقط

---

[۱] potentially critical component
[۲] potential failure
[۳] impending precursor
[۴] time duration
[۵] multiple failures
[۶] initiating events

زمانی که پمپ متناظر خراب شود، مسیر جریانِ برگشتیِ ناخواسته از طریق شیر یکطرفه خراب شده در موقعیت باز، آشکار خواهد شد.

۲. تجهیزات بالقوه حیاتی به عنوان نتیجه ای از زمان.

در اینجا نمونه ای از تجهیز بالقوه حیاتی به دلیل زمان وجود دارد. اگر یک پانل از یک غربالِ متحرکِ چند پانلهٔ آب درگردش[۱] که جلبک های دریایی و دیگر زباله های اقیانوسی را فیلتر می کند، خراب شده یا آسیب دیده باشد، نه نشانه ای وجود دارد که پانل خراب شده است و نه یک اثر فوری وجود خواهد داشت. با این حال، با گذشت زمان، خرابی یکی از پانل های غربال، به خودی خود، می تواند در نهایت باعث گرفتگی مبدل های حرارتی در نتیجهٔ فیلتر نشدن زباله ها شود که نهایتاً منجر به یک اثر کارخانه خواهد شد. توجه داشته باشید که غربال متحرک هرگز به طورکامل یا بلافاصله از کار نمی افتد و اینکه برای رخ دادن این پیامد نیازی به داشتن خرابی اضافی دیگر ندارید.

در اینجا مثال دیگری از دسته بندی یک تجهیز به عنوان بالقوه حیاتی به دلیل مدت زمان مطرح می کنیم: فرض کنید یک مخزن بزرگ یک نشتی سوراخ ریز داشته باشد که کشف نشده است. این نشتی نه فوراً آشکار می شود و نه نیازی به خرابی ثانویه (چندگانه) دارد تا خودش را نشان دهد. با این حال، بعد از مدت زمان معینی ممکن است به صورت خود به خودی پیامدی برای تأسیسات رخ بدهد که با توجه به آن موجودی مخزن یک کارکرد حیاتی را نشان می دهد. این ها آسیب پذیری هایی هستند که تا منجر به پیامدی برای تأسیسات نشوند از آنها مطلع نمی شوید، که زمان آن نیست از آنها مطلع شوید. وقتی که این اتفاق رخ می دهد، دیگر برای انجام اقدامات پیشگیرانه خیلی دیر است.

ممکن است تعجب کنید که چقدر خرابی های پنهان رایج هستند. آن ها بسیار رایج هستند. فقط چند نمونهٔ معمولی امّا بسیار مهم عبارتند از اجزاء اصلی اضافه سرعت توربین، شیرهای یکطرفه حیاتی، دیزل ژنراتورهای اضطراری، تجهیزات اطفای حریق ایمنی، وسایل حفاظتی، سیستم های حفاظت در برابر آتش، پمپ های اضطراری و موتورهای حیاتی. آنها در همه جا یافت می شوند و اعتقاد نویسنده این است که تشخیص درستِ تجهیزات بالقوهٔ حیاتی، شاید بیشترین درجهٔ حفاظت از قابلیت اطمینان را که شما می توانید برای کارخانه یا تأسیسات خود فراهم کنید، فراهم می کند. یک عبارت از فصل ۱ را تکرار می کنم: این امرِ آشکار نیست که ناخواسته ترین مشکلات را ایجاد می کند، امرِ غیرآشکار است!

این مفهوم چقدر مهم است؟ خیلی. نمونه های متعددی در صنعت وجود دارد که در آن یک طراح عمداً افزونگی چندگانه را ساخته است تا عملیاتِ سیستمِ قابل اطمینان را تضمین کند. متأسفانه اگر افزونگی هنگامی که از

[۱] multipaneled circulating water traveling screen

کار می افتد، راهی برای نشان دادن خود نداشته باشد، کارخانه در برابر یک پیامد ناخواسته آسیب پذیر است که می تواند همراه با یک خرابی منفرد اضافی رخ بدهد.

حال بیایید آنچه را که تاکنون در مورد آن بحث کرده ایم، مرور کنیم. یک تجهیز حیاتی تجهیزی است که از خرابی آن باید جلوگیری شود، یا توسط یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا از طریق طراحی مجدد. وقوع خرابی منفرد فوراً مشهود است، چه با نشانه ای از خرابی و چه از طریق پیامد ناخواسته ای که در نتیجهٔ آن خرابی به وجود می آید. بسته به معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که تعیین می کنید(که در فصل ۵ مورد بحث قرار می گیرد)، حتّی یک خرابی که در زمان وقوع پیامد فیزیکی فوری ندارد، می تواند در زمان وقوع، یک پیامد فوریِ مقرراتی، قانونی یا مرتبط با مشتری داشته باشد، بنابراین هنوز هم به عنوان یک خرابی فوری حیاتی درنظرگرفته می شود.

یک تجهیز بالقوه حیاتی، تجهیزی است که خرابی فوری آن به هیچ وجه مشهود نیست، امّا با خرابی های اضافی یا رویدادهای آغازگر یا به مرور زمان می تواند حیاتی شود، بنابراین باید یا از طریق یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا از طریق طراحی مجدد از آن اجتناب کرد. این امر برای ما تجهیزات تعهدآور[۱]، اقتصادی[۲] و کارکرد-تا-خرابی[۳] را باقی می گذارد.

۳-۶- تجهیزات تعهدآور[۴]

من تجهیزات تعهد آور را به عنوان بخشی از استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه گنجانده ام برای اطمینان از اینکه هیچ چیزی در تجزیه و تحلیل نادیده گرفته نمی شود. اغلب اوقات ممکن است تأسیسات شما تعهدات خاصِ ادارهٔ تنظیم مقررات[۵]، ادارهٔ محیط زیست[۶]، ادارهٔ ایمنی و بهداشت حرفه ای[۷](OSHA) یا بیمه[۸] را داشته باشد که باید حفظ شوند که در نتیجه نیاز به یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است تا از خرابی یک تجهیز که باعث از دست رفتن یا احتمالاً نقض آن تعهد می شود، جلوگیری به عمل آید. چند نمونهٔ معمولی از تعهدات حاکم بر تجهیزات خاص به شرح زیر است : تعهدات بیمه ای مورد نیاز برای قطعات اصلی تجهیزات، تعهدات کد دولتی مورد نیاز برای مخازن فشار، تعهدات آژانس حفاظت از محیط زیست[۹](EPA) مربوط به یک اثر زیست محیطی یا انتشار یک مایع یا گاز، تعهدات OSHA مورد نیاز برای ایمنی پرسنل و

---

[۱] commitment
[۲] economic
[۳] run-to-failure
[۴] Commitment Components
[۵] Regulatory Administration
[۶] Environmental Administration
[۷] Occupational Safety and Health =
[۸] insurance
[۹] Environmental Protection Agency

تعهدات آژانس نظارتی فدرال مانند اطلاعیه ها و بولتن های اطلاعاتیِ ادارهٔ هوانوردی فدرال[۱](FAA) یا کمیسیون تنظیم مقررات هسته ای[۲](NRC)

شناسایی تجهیزات تعهدآور یک جنبهٔ مثبت اضافی دارد از این نظر که فرصتی برای به چالش کشیدن اعتبار آن تعهد تحمیل شده بر کارخانه را در اختیار شما قرار می دهد. معمولاً، یک تجهیز تعهدآور همراه با تجهیزی است که به علت اهمیتش به عنوان حیاتی یا بالقوه حیاتی دسته بندی شده است. با این حال، در مواردی، ممکن است شما تجهیز خاصی را پیدا کنید که تابع نوعی از تعهدات است که به موجب آن تجهیز به عنوان یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی تجزیه و تحلیل شود. این مورد در صنعت هسته ای رخ داده است، بنابراین بعید نیست که در صنعت شما نیز اتفاق بیفتد.

حتّی یک گام پیشتر، سیستم کاملی متشکل از ده ها تجهیز وجود داشته است که به دلیل تعهدات نیاز بوده توسط نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نگهداری شود امّا تجزیه و تحلیل RCM کل سیستم را به عنوان کارکرد-تا-خرابی شناسایی کرده است. در نتیجه، یک سیستم کامل توانست از فضای مورد نیاز نظارتی حذف شود. من پیشنهاد نمی کنم که اگر تجزیه و تحلیل، شما را در آن جهت هدایت کرد، به طور خودکار یک تعهد را حذف کنید تا زمانی که به طور رسمی آن را توجیه کرده و تأییدیه حذف تعهد را از سازمان مربوطه که در وهلهٔ اول به آن نیاز دارد، دریافت نکرده باشید.

۳-۷- تجهیزات اقتصادی[۳]

یک «تجهیز اقتصادی»، تجهیزی است که من از آن به عنوان تجهیزی که فقط پیامد اقتصادی[۴] دارد، یاد می کنم.

خرابی تجهیزات اقتصادی تأثیری بر ایمنی یا عملکرد کارخانه ندارد. خرابی های اقتصادی تنها منجر به هزینه های نیروی کار و تعویض قطعات خواهند شد.

توجه: اگر برای یک تجهیز با پیامد اقتصادی خرابی رخ بدهد امّا خرابی بر ایمنی، عملیات یا تولید کارخانه نیز تأثیر می گذارد، این مورد چیزی بیش از صرفاً یک ملاحظهٔ اقتصادی خواهد بود. این خرابی می تواند به عنوان یک پیامد خرابی حیاتی یا بالقوه حیاتی در نظر گرفته شود و دسته بندی تجهیز برای آن به طور پیش فرض «محدود کننده ترین دسته بندی» خواهد بود. به عنوان مثال، خرابی یک قطعهٔ اصلی از یک تجهیز به طور آشکار یک جنبهٔ اقتصادی است، امّا مهمتر از آن، خرابی این تجهیز به احتمال زیاد منجر به یک پیامد ناخواسته مانند توقف کارخانه، شرایط ایمنی، یا برخی جنبه های عملیاتی دیگر نیز خواهد شد.

---

[۱] Federal Aviation Administration
[۲] Nuclear egulatory Commission
[۳] economic component
[۴] economic consequence

دلیل اینکه من این دسته بندی اقتصادی متمایز را ایجاد کردم، اولویت بندی اهمیت نسبی آن علاوه بر اولویت بندی برای انجام کار است. همانطورکه قبلاً اشاره کردم، بیشتر برنامه های RCM عناوین قطعات حیاتی یا غیر حیاتی را دارند. بنابراین، خرابی یک پمپ کوچک ۱۰۰ دلاری، که ممکن است به عنوان یک جنبهٔ اقتصادی در نظر گرفته شود، در همان سبد تجهیزات حیاتی قرار خواهد گرفت که خرابی یک تجهیزِ آن می تواند تأسیسات شما را متوقف کند. این امر نه تنها منطقی نیست بلکه در واقع اهمیت تجهیزات حیاتی را کمرنگ می کند.

دلیل دیگری که من یک ملاحظهٔ اقتصادی را به عنوان یک دستهٔ مجزا و متمایز در نظر می گیرم این است که همواره این اتفاق رخ می دهد که در زمان های خاصی حجم کار برنامه ریزی شدهٔ شما اجازه نمی دهد که همهٔ فعالیت های PM در زمانی که برنامه ریزی شده اند، انجام شوند و برخی از آنها ممکن است نیاز به تعویق داشته باشند. البتّه این باید استثتناء باشد نه قاعده. با این حال، زمانی که این امر رخ می دهد، نوعی اولویت باید بر روی فعالیت ها قرار داده شود تا مشخص شود کدامیک را می توان به تعویق انداخت. به طور آشکار، یک فعالیت اقتصادی مرتبط با یک تجهیز اقتصادی که هیچ پیامد خرابی ایمنی یا عملیاتی ندارد، قبل از یک فعالیت مهم مرتبط با یک تجهیز حیاتی به تعویق انداخته خواهد شد.

۳-۸-«قانون کانُن »[۱]: تجهیزات کارکرد-تا-خرابی[۲]

مفهوم کارکرد-تا-خرابی (RTF)، به طور گسترده ای دچار سوء تفاهم شده است، شاید حتّی بیش از خرابی های پنهان. منRTF را «بچه یتیم سوءتفاهم شدهٔ قابلیت اطمینان»[۳] می نامم. این یک واقعیت مشخص است که بیشتر افراد، از جمله مهندسان، این پاسخ خودکار را ارائه خواهند داد که اگر تجهیزی از کار بیفتد و هیچ اتفاقی رخ ندهد، یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی است. همانطور که می دانید، این کاملاً اشتباه است. یک فرض بسیار رایج امّا کاملاً نادرست دیگر این است که داشتن تجهیزات یا سیستم های افزونه به طورخودکار به این معنا است که آن تجهیز یا سیستم از نوع کارکرد-تا-خرابی است. باز هم کاملاً اشتباه!

تعاریف کارکرد-تا-خرابی که امروزه وجود دارد، به طورمناسب به معنای واقعی RTF نمی پردازند، چه در یک نشریهٔ RCM و چه در یک نشریهٔ نظارتی یا در واقع در هر نشریه ای. تعریف استاندارد برای یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی معمولاً چیزی شبیه به این را بیان می کند : «تجهیزی که مجاز است خراب شود بدون نیاز به هر نوع نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه»، یا «کارکرد-تا-خرابی سیاستی است که رخ دادن خرابی را بدون هیچ تلاشی برای جلوگیری از آن مجاز می دارد«. این تعاریف برای جلوگیری از سوء مدیریتِ این مفهوم بسیار مهم، بسیار سطحی هستند. زمان ارائهٔ یک تعریف دقیق وتوصیفی برای تعیین زمانی که می توان یک تجهیز

[۱] canon law
[۲] Run-to-Failure Components
[۳] the misunderstood orphan of reliability

را به عنوان یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی دسته بندی کرد، فرا رسیده است. من این را «قانون کانُن» برای کارکرد-تا-خرابی نامیده ام و آن را به صورت زیر تعریف می کنم:

یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی صرفاً به این دلیل این طور نامیده می شود که به عنوان تجهیزی بدون پیامد ایمنی، عملیاتی، تعهدآور یا اقتصادی در نتیجهٔ یک خرابی منفرد درک شود. همچنین وقوع خرابی باید برای پرسنل عملیات آشکار باشد. در نتیجه، هیچ استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدامی برای جلوگیری از خرابی وجود ندارد. با این حال، پس از خرابی، یک تجهیز تحت عنوان RTF یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ پیش اقدام[1] متناسب با سایر تجهیزات و براساس شرایط ِآن زمانِ کارخانه خواهد داشت.

قانون کانُن من بسیار خاص است. به طور سنّتی، کارکرد-تا-خرابی در ابتدایی ترین تعریف آن به این معنی است که «PM هایی پیش از خرابی مورد نیاز نیستند». هیچ اشاره ای به اینکه نگهداری و تعمیرات اصلاحی« بلافاصله پس از خرابی مورد نیاز است» نشده است. با این حال، این فقط بخشی از داستانRTF است. ویژگی های متعددی وجود دارند که قبل از اینکه یک تجهیز را بتوان به عنوان کارکرد-تا-خرابی دسته بندی کرد، باید احراز شوند.

تجهیزات کارکرد-تا-خرابی با نداشتن هیچگونه پیامد ایمنی، عملیاتی، تعهدآور یا اقتصادی درنتیجهٔ یک خرابی منفرد شناخته می شوند. همچنین وقوع خرابی باید برای پرسنل عملیات آشکار باشد.

تجهیزات RTF به اشتباه به عنوان تجهیزات غیرمهم نامیده شده اند، زیرا آنها هیچ پیامد قابل توجهی در نتیجهٔ یک خرابی منفرد ندارند. با این حال، پس از خرابی، تجهیز هنوز باید در اسرع وقت از طریق نگهداری و تعمیرات اصلاحی به وضعیت قابل استفاده بازیابی شود. **RTF** به این معنی نیست که یک تجهیز بی اهمیت است! درست است که برخی تجهیزات باید یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه داشته باشند و تجهیزات RTF ندارند، با این حال همهٔ تجهیزات، حتّی تجهیزات RTF، از نظر قابلیت اطمینان مهم هستند و باید یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی معادل متناسب با همهٔ تجهیزات دیگرداشته باشند و بر این اساس بسته به شرایط کارخانه در آن زمان اولویت بندی شوند. در ادامهٔ این فصل خواهید دید که چگونه همهٔ اینها با هم هماهنگ می شوند.

تجهیزاتRTF به این دلیل اینطور نامیده می شوند که خرابی آنها آشکار نمی شود و پیامدهای خرابی قابل توجهی در نتیجهٔ یک خرابیِ منفرد ندارند. اگر مهم نیست که یک تجهیزِ خراب شده دراسرع وقت به یک وضعیت قابل استفاده بازیابی شود، می توان سؤال کرد که اساساً چرا آن تجهیز در کارخانه نصب شده است. به همین ترتیب اگرخرابی برای همیشه پنهان بماند و هیچکس هرگز دربارهٔ آن اطلاع نداشته باشد و مهم

[1] proactive corrective maintenance strategy

نباشد که چه تعداد خرابیِ چندگانهٔ اضافی رخ داده است، این سؤال را نیز می توان پرسید که اساساً چرا آن تجهیز در کارخانه نصب شده است. شکل ۳-۹-الف و ب فلسفهٔ RTF را خلاصه می کند.

همانطورکه در پاراگراف اول این بخش توضیح دادم، این یک واقعیت محض است که توسط تجربهٔ شخصی خودم نیز به وجود آمده است، که بیشتر افراد به صورت خودکار این پاسخ را ارائه می دهند که اگر تجهیزی از کار می افتد و هیچ اتفاقی رخ نمی دهد، یک تجهیزRTF است. فرض رایج امّا کاملاً نادرست دیگر این است که داشتن یک تجهیز افزونه(یا حتّی یک سیستم افزونه) به طور خودکار به این معنی است که آن تجهیز یا سیستم کارکرد-تا-خرابی است. این فرضیات دستورالعمل هایی برای یک فاجعه هستند. به همین دلیل است که من اهمیت بسیاری به مفاهیم تجهیزات «بالقوه حیاتی»، «خرابی های پنهان » و «قانون کانُن» برای تجهیزات کارکرد-تا-خرابی می دهم.

یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی صرفاً به این دلیل این چنین نامیده شده که به عنوان تجهیزی درک شود که در نتیجهٔ یک خرابیِ منفرد هیچ پیامد ایمنی، عملیاتی، تعهدآور یا اقتصادی ندارد. همچنین وقوع خرابی باید برای پرسنل عملیات آشکار باشد.

در نتیجه، هیچ استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدامی برای جلوگیری از خرابی وجود ندارد. با این حال، هنگامی که یک تجهیز تحت عنوان RTF خراب شد، یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ پیش اقدام متناسب با همهٔ تجهیزات دیگر و براساس شرایط کارخانه در آن زمان خواهد داشت.

-نیل بلوم

شکل ۳-۹-الف-قانون کانُن کارکرد-تا-خرابی

یکی دیگر از تصورات غلط عمده در رابطه با یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی این فکر است که تعمیر یک تجهیز RTF زمانی که خراب شده است، یا اختیاری است یا اهمیت اساسی برای تعمیر به موقع آن وجود ندارد. این مطلقاً غلط است! همان طور که من در قانون کانُن بیان می کنم، یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی هیچ استراتژیِ نگهداری و تعمیراتِ پیشگیرانهٔ پیش اقدامی ندارد، امّا بسته به شرایط کارخانه در آن زمان یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ پیش اقدام متناسب با همهٔ تجهیزات دیگر (یعنی تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی، اقتصادی و تعهدآور) دارد.

سؤال:

آیا تجهیزات کارکرد-تا-خرابی مهم هستند؟

پاسخ:

بله !

تجهیزات RTF قبل از خرابی به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیاز ندارند، امّا پس از آن نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ به موقع پس از خرابی مورد نیاز است. فقط به این دلیل که یک تجهیز ممکن است به عنوان RTF نامیده شود، به این معنی نیست تجهیز غیر مهم است و نیازی به گنجاندن آن در یک برنامهٔ اولویت بندی برای تعمیر شدن نیست. تجهیز RTF همچنان باید از طریق نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ به موقع به یک وضعیت قابل استفاده بازیابی شود.

فرایند فکری RTF :

تجهیزاتRTF به علت آشکارشدن خرابی و نداشتن پیامدهای ایمنی، عملیاتی یا اقتصادی ناشی از خرابیِ منفرد به این عنوان نامیده می شوند. اگر این موضوع مهم نبود که آیا یک تجهیز خراب در اسرع وقت به یک وضعیت قابل استفاده بازیابی شود یا خیر، می توان سؤال کرد که اساساً چرا آن تجهیز خاص در کارخانه نصب شده است.

RTF به معنای بی اهمیت بودن یک تجهیز نیست!

شکل ۳-۹-ب- قانون کانّن کارکرد-تا-خرابی (ادامه).

اگر یک تجهیز RTF حقیقتاً از اهمیت نسبی پائینی برخوردار باشد، جایگاه آن بر روی سلسله مراتب نگهداری و تعمیرات اصلاحی، اهمیت آن را منعکس خواهد کرد.

متأسفانه، RTF در تصویر قابلیت اطمینان یتیم شده است. بارها و بارها مهندسان و مدیران ارشد این باور را پذیرفته اند که تجهیزات RTF مانند ماشین های اوراق دست دوم هستند که ارزش نگرانی درمورد قبل یا بعد از خرابی آنها را ندارند. این یک تفکر کاملاً اشتباه است. چنین استدلال نادرستی به منزلهٔ این است که یک لاستیک صاف به عنوان زاپاس داشته باشید و آن لاستیک صاف را با میخی در آن در صندوق عقب بیندازید و دیگر هرگز نگران آن نباشید. من حتی برخی از تأسیسات را دیده ام که اسناد رسمی تهیه می کنند که به طور خاص بیان می کند تجهیزات RTF از نظر قابلیت اطمینان مهم نیستند.

یکی از دلایل این منطق نادرست این است که از نظر تاریخی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، و RCM به صورت خاص، به ضرر بقیهٔ تجهیزات فقط بر روی تجهیزات حیاتی تمرکز کرده اند. یک توضیح ممکن دیگر خودِ اصطلاح RTF است. این اصطلاح تا حدودی یک تصور شوم دارد. من می توانم چندین مورد را به یاد بیاورم که فقط برای خودداری از به کارگیری اصطلاح RTF مجبور به استفاده از این طرز بیان شدم که آن یک تجهیز خاص است که «با تعمیر و نگهداری اصلاحی اداره می شود»، زیرا دریافت کنندگان این اطلاعات

در گفتگو به اندازهٔ کافی زیرک نبودند که یک تجهیز RTF را به عنوان چیزی غیر از این بیان کاملاً غیر مرتبط بپذیرند. امیدوارم روزی صنعت در سطح جهانی به این درک برسد که تجهیزاتRTF بسیار حیاتی هستند. به همین دلیل است که من در این فصل به جزئیات قابل توجهی می پردازم و مفاهیم مختلف و دسته بندی های مختلف تجهیزات و اینکه چرایی اهمیت همهٔ آنها را توضیح می دهم.

اصل بسیار مهم دیگری که باید در نظر داشت این است که شما نمی توانید فرض کنید که دو تجهیز به طور همزمان و دقیقاً در یک لحظه خراب شوند. اگر این فرض را برقرار کردید، هر چیزی حیاتی خواهد بود. تجزیه و تحلیل RCM فرض می کند که تنها یک تجهیز در هر زمان معینی از کار می افتد. این را با یک خرابی پنهان که پیش از یک خرابی چندگانهٔ دوم رخ می دهد، اشتباه نگیرید، زیرا آن خرابی ها دقیقاً در یک زمان رخ ندادند. ادارهٔ هوانوردی فدرال (FAA) و کمیسیون تنظیم مقررات هسته ای (NRC) نیز تصدیق می کنند که شما باید فرض کنید که فقط یک خرابی درهر زمان خاص رخ می دهد. برای تجهیزات حیاتی، این آژانس ها محدودیت های زمانی مجاز بسیار مشخص، از چند ساعت تا چند روز، برای تعمیر یک تجهیز خراب یا انجام اقدامات جبرانی دیگر دارند تا از خطر یک خرابی اضافی اجتناب کنند؛ در غیر اینصورت، اگر اقدامات اصلاحی به موقع انجام نشود، یک هواپیما مجاز به پرواز نیست و یک نیروگاه هسته ای یا باید متوقف شود[۱] یا به طورکامل در شرایط خاموشی سرد[۲] قرار داده شود. این الزامات، الزامات نظارتی هستند که در واژه شناسی خطوط هوایی از آنها به فهرست حداقل تجهیزات[۳](MEL) و در صنعت انرژی هسته ای به مشخصات فنی[۴] (Tech Specs) یاد می شود.

من مفهوم RTF را در اوایل سال ۱۹۹۱ که در تأسیسات هسته ای کار می کردم، معرفی کردم. درآن زمان، خود این عبارت «کارکرد-تا-خرابی» در صنعت هسته ای نفرت انگیز بود. انرژی هسته ای از نظر درک قابلیت اطمینان تجهیزات از خطوط هواپیمایی بسیار عقب تر بود. تا سال ها بعد از آن که نشریه های دولتی که انرژی هسته ای را کنترل می کنند، برای اولین بار پذیرش مفهوم «کارکرد-تا-خرابی» را به رسمیت شناختند، این درک وجود نداشت. حتّی امروزه بسیاری از کارخانجات درتلاش برای به دست آوردن یک اهرم قوی برای شناسایی این موضوع هستند که دقیقاً چه تجهیزی برای قابلیت اطمینان مهم است و چگونه آن گروه را با توجه به یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تعریف کنند. این بیانیه به بخش زیر منتهی می شود.

---

[۱] downpowered
[۲] cold shutdown
[۳] Minimum Equipment List
[۴] Technical Specifications

۳-۹- یکپارچه سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و اصلاحی و تمایز بین تجهیزات «بالقوه حیاتی» و «کارکرد-تا-خرابی»

یک طرح نگهداری و تعمیرات پیش اقدامِ جامع، نگهداری و تعمیرات اصلاحی را با نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در استراتژی اش ادغام می کند. در ابتدا، ممکن است این عبارت شگفت انگیز به نظر برسد، امّا زمانی که در مورد آن فکر کنید، موضوع کاملاً روشن می شود. بگذارید توضیح بدهم. هدف نهایی از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه جلوگیری از پیامد خرابی در سطح سازمان است. فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از خرابی تجهیزاتی مشخص می شوند که یا پیامد خرابیِ ناخواستهٔ فوری دارند یا پتانسیل برای پیامد خرابی نامطلوب در سطح سازمان را دارند.

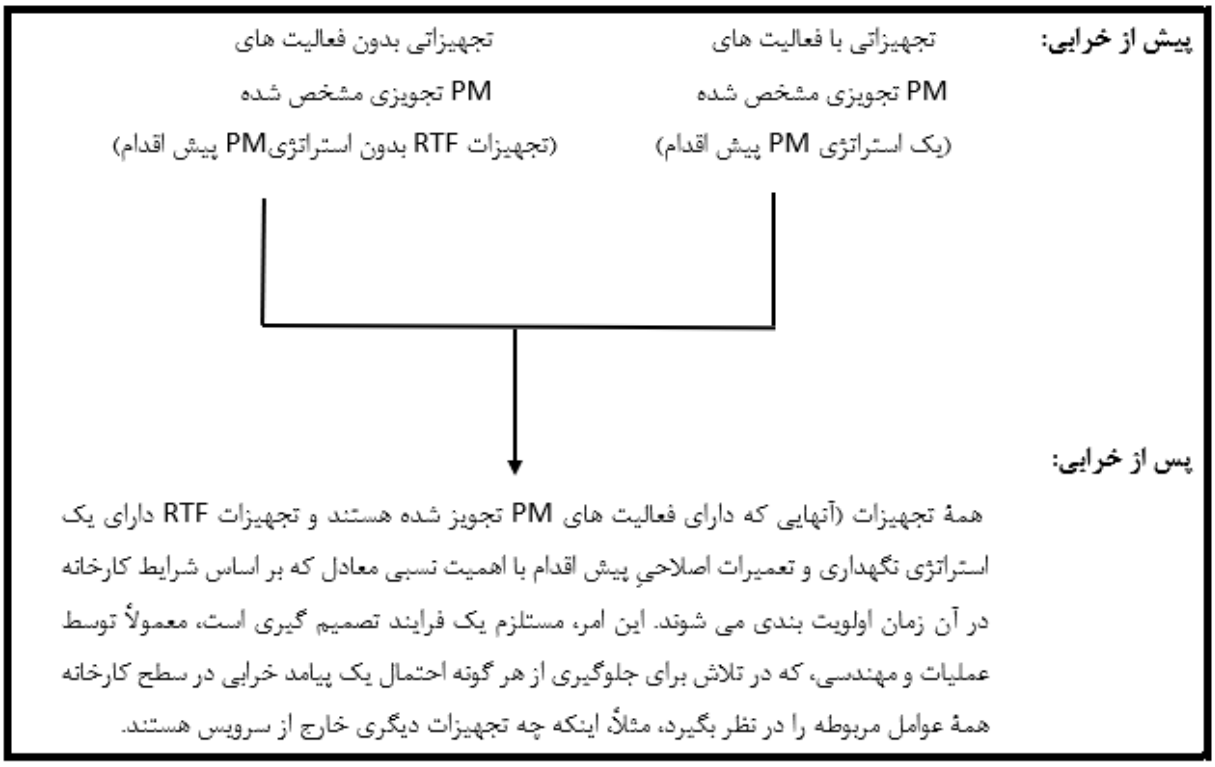
در مواقع دیگر دیده ایم که در کجا قابل قبول است به یک تجهیز اجازه دهیم تا زمان خراب شدن کار کند. همان طورکه آموختیم، تجهیزات کارکرد-تا-خرابی، بنا به تعریف، هنگامی که خراب می شوند هیچ اثر فوری بر سازمان ندارند و بنابراین نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ضروری نیست. با این حال، همانطور که در «قانون کانُن» ما بیان شده است، خرابی باید آشکار باشد. این موضوع، درست به این معنی است که عاقلانه تر است که نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را اجرا نکنید و منابع غیرضروری را برای جلوگیری از خرابی آن ها صرف نکنید. با این حال، ما همچنین یاد گرفته ایم که هنگامی که یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی خراب شده است، باید به موقع از طریق نگهداری و تعمیرات اصلاحی اصلاح شود. اقدامات اصلاحی باید به موقع انجام شود تا آسیب پذیری در برابر پیامد سازمانی اگر همزمان با خرابی تجهیز RTF تجهیز دیگری خراب شود، حذف یا کاهش داده شود .

قانون کانُن من همچنین بیان می کند که تجهیزاتRTF هنوز برای عملیات تأسیسات مهم هستند. لازم نیست یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدام برای جلوگیری از خرابی آنها داشته باشید امّا شما ملزم به داشتن یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ پیش اقدام برای تعمیر آنها پس از خرابی هستید. اگر شما یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ پیش اقدام به کار نبندید، خطر واقعیِ یک پیامد ناخواسته در سطح سازمان را با یک خرابی اضافی به جان می خرید. به یاد داشته باشید، تنها تفاوت بین یک تجهیز بالقوه حیاتی و یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی در این است که خرابی تجهیز بالقوه حیاتی پنهان است. اگر خرابی آن پنهان نبود، به احتمال زیاد یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی بود. با نگاهی واقع بینانه، هم تجهیزات بالقوه حیاتی و هم تجهیزات کارکرد-تا-خرابی در صورت بروز خرابی های اضافی یک سازمان را در معرضِ آسیب پذیری قرار می دهند. تفاوت در این است که یک خرابی پنهان است و دیگری نه.

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یک استراتژی برای جلوگیری از خرابی های تجهیز پیش از وقوع آن ها است. نگهداری و تعمیرات اصلاحی یک استراتژی برای تعمیر تجهیزات است زمانی که قبلاً از کار افتاده اند. این دو

موجودیت[1]برای جلوگیری از پیامد خرابی در سطح سازمان به طور یکپارچه انجام می شوند (یا هر پارامتر دیگری که ممکن است انتخاب کنید، بسته به معیارهایی که به عنوان بخشی از استراتژی قابلیت اطمینان دارایی خود تعیین می کنید).

بعد از اینکه تجهیزی از کار افتاد، چه توسط یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه اداره شود و چه توسط یک استراتژی RTF، با اهمیت نسبی معادل، بسته به شرایط سازمان در آن زمان اولویت با نگهداری و تعمیرات اصلاحی است. این امر، مستلزم یک فرایند تصمیم گیری است، معمولاً توسط واحدهای عملیات و مهندسی که در تلاش برای جلوگیری از هر گونه احتمال یک پیامد خرابی در سطح سازمان همهٔ فاکتورهای مرتبط را در نظر بگیرد(به عنوان مثال، چه تجهیزات دیگری خارج از سرویس هستند). حالا باید خیلی راحت تر بشود تصور کرد که چگونه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و نگهداری و تعمیرات اصلاحی برای دستیابی به نتیجهٔ قابلیت اطمینان مورد نظر در کنار هم وجود دارند. به شکل ۳-۱۰ رجوع کنید.



شکل ۳-۱۰-یکپارچه سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و نگهداری و تعمیرات اصلاحی

[1] entity

دیدگاه سنتی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، که من آن را به عنوان تصویری کوچک تر از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تصور می کنم، جلوگیری از خرابی ها در سطح تجهیز پیش از خرابی تجهیز است که منجر به پیامد سازمانی ناخواسته می شود. با این حال، من ترجیح می دهم به تصویر بزرگتر نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه فکر کنم که برای جلوگیری از یک پیامد ناخواستهٔ خرابی نه تنها در سطح تجهیز بلکه مستقیماً در سطح سازمان است. انجام این کار مستلزم رسیدگی و الویت بندی نگهداری و تعمیرات اصلاحی در یک استراتژی کلی نگهداری و تعمیرات پیش اقدام است و تجهیزات کارکرد-تا-خرابی بخش جدایی ناپذیر این تصویر بزرگتر هستند.

۳-۹-۱- نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ تجهیزات **RTF** در مقایسه با نگهداری و تعمیرات تجهیزات حیاتی: کدامیک برای شروع کار اولویت دارد؟

این روش دیگری است برای توضیح این موضوع است که نگهداری و تعمیرات اصلاحی نسبت به استراتژی کلی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدام چقدر اهمیت دارد. بیایید به آزمون زیر نگاهی بیندازیم.

•سناریوی ۱- دو پمپ افزونهٔ A و B، همزمان در حال کار هستند. هر کدام از پمپ ها قادر به تأمین جریان ضروری برای برای برآورده کردن کارکرد را هستند. نشانه ای از خرابی برای هر پمپ جداگانه وجود دارد. خرابی هر یک از پمپ ها به یک پیامد خرابی ناخواسته منجر نخواهد شد، زیرا پمپ دیگر می تواند جریان لازم را فراهم کند. همچنین، هیچ جنبهٔ اقتصادی در نتیجهٔ خرابی وجود ندارد. بنابراین پمپ های A و B هر دو RTF هستند. با این حال، اگر هر دو پمپ از کار بیفتند، یک پیامد ناخواسته برای کارخانه رخ خواهد داد.

موارد زیر را فرض کنید:

۱. پمپA قبلاً خراب شده و یک درخواست نگهداری و تعمیرات اصلاحی(CM) برای تعویض آن برنامه ریزی شده است.

۲. برای افزودن کمی واقع گرایی بیشتر به این آزمون، فرض کنید که یکی از اعضای خدمهٔ خانه داری[۱]در طول شیفت شب متوجه وجود یک چالهٔ کوچک از روغن جمع شده زیر پمپ B شده و آن را به ناظر وقت نگهداری و تعمیرات گزارش داده است. یک CM برای رفع نشتی روغن از پمپ B نوشته شده است.

•سناریوی ۲- فقط یک پمپ C، جریان لازم برای برآورده کردن کارکرد را تأمین می کند. این یک پمپ حیاتی است، زیرا خرابی آن منجر به یک پیامد ناخواسته برای کارخانه خواهد شد. پمپ C فقط یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشبینانه(PdM) زمانبندی شده برای نمونه گیری از روغن داشته و نتایج نمونهٔ روغن شواهدی از یک خرابی بیرینگ در مراحل اولیه نشان داده است.

[۱] housekeeping

موارد زیر را فرض کنید :

۱. پمپ C، یک CM زمان بندی شده برای جایگزینی بیرینگ ها در نتیجهٔ یافته های نمونهٔ روغن دارد.

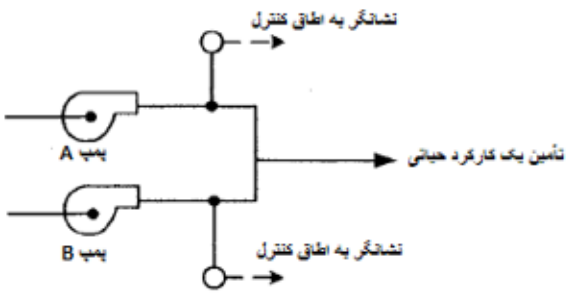
• فعالیت های برنامه ریزی شده:

در سناریوی ۱، یک CM برای تعویض پمپ A و CM دیگری برای رفع نشتی از پمپ برنامه ریزی می شود.

در سناریوی۲، یک CM برای تعویض بیرینگ های پمپC برنامه ریزی می شود.

• سؤال. کدام CM اولویت دارد؟ آیا اولویت با CM روی پمپ های افزونهٔ کارکرد-تا-خرابی A و B است یا CM روی پمپ حیاتیC ؟ پاسخ را می توان در پائینِ شکل ۳-۱۱ یافت.

سناریوی(۱)



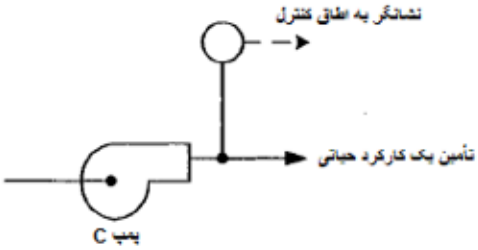
شرایط

۱- پمپ های A وB به صورت همزمان کار می کنند و هر یک از آنها می تواند جریان مورد نیاز برای پشتیبانی از کارکرد حیاتی را تأمین کند.

۲- برای هر پمپ مجزا نشانه ای از خرابی وجود دارد.

۳- خرابی هر یک از پمپ ها منجر به یک پیامد ناخواسته یا یک مسألهٔ اقتصادی نخواهد شد. بنابراین، آنها تجهیزات RTF هستند. با این حال، خرابی هر دو پمپ منجر به پیامدهای ناخواسته خواهد شد.

سناریوی (۲)



شرایط

۱- پمپ C جریان مورد نیاز را برای پشتیبانی از کارکرد حیاتی تأمین می کند.

۲- نشانه ای از خرابی پمپ C وجود دارد.

۳ -خرابی پمپ C منجر به یک پیامد ناخواسته برای کارخانه خواهد شد.

فعالیت های برنامه ریزی شده :

سناریوی(۱): یک CM برای جایگزینی پمپ خراب شده A برنامه ریزی شده است.

سناریوی (۲): یک CM برای جایگزینی یاتاقان های خراب بر روی پمپ C برنامه ریزی شده است.

سؤال : کدام CM اولویت دارد؟ آیا اولویت با CM های بر روی پمپ های کارکرد-تا-خرابی A و B است یا CM روی پمپ حیاتی C ؟

پاسخ، پاسخ یک مجازی است. اولویت CM کاملاً بر اساس فرایند تصمیم گیری سازمان عملیات در ارتباط با مهندسی، بسته به شرایط کارخانه در آن زمان است.
درسی که باید آموخت چیست؟ CM ها برای تجهیزات RTF معادل با همه تجهیزات دیگر برای اولویت نگهداری و تعمیرات اصلاحی رقابت می کنند.

شکل ۳-۱۱- اولویت؟ CM روی تجهیز RTF یا CM روی تجهیز حیاتی؟

نکته ای که من سعی دارم به آن اشاره کنم این است که تجهیزات RTF در واقع مهم هستند و نباید آن را به عنوان غیر مهم رد کرد. امیدوارم این مثال روشن کند که چرا یک تجهیز RTF نباید یتیم قابلیت اطمینان باشد.

۳-۱۰-تشریح یک فاجعه

هیچ چیز اهمیت آنچه را که ما دربارهٔ مفاهیمِ مورد بحث تاکنون آموخته ایم، بسیار بهتر از نشان دادن این اینکه چگونه فقدانِ آن دانش می تواند منجر به یک فاجعه شود، ثابت نمی کند- در این مورد یک فاجعهٔ واقعی[۱].

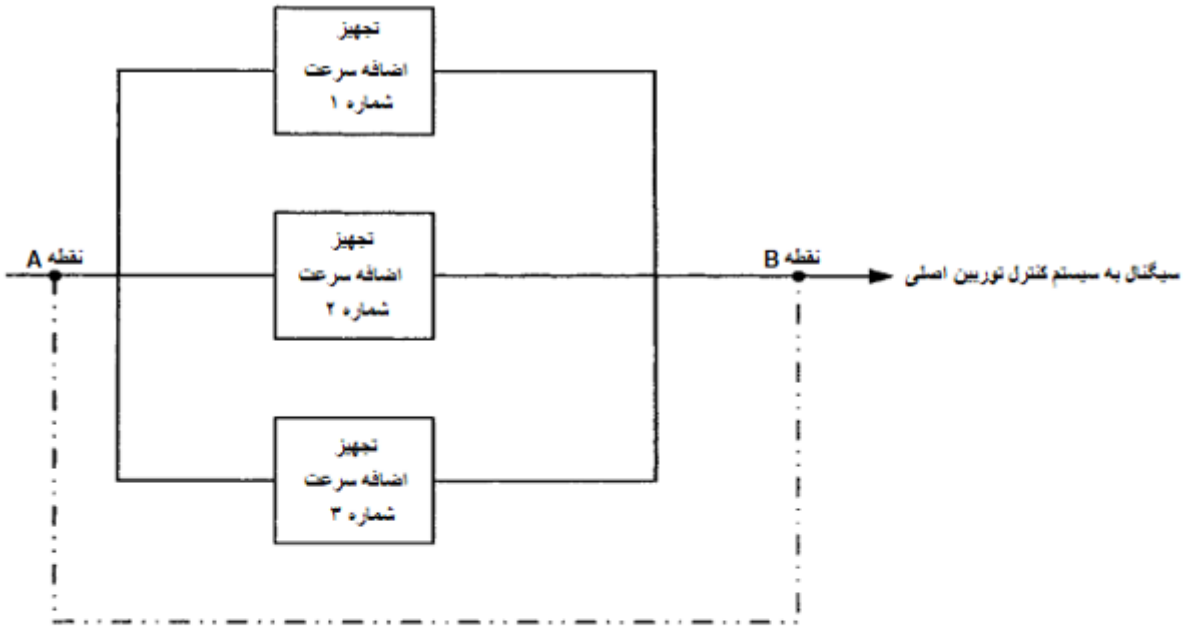
[۱] real-lifedisaster

در یک نیروگاه اصلیِ تولید برق، شاید مهمترین سیستمِ منفردْ توربین اصلی بخار و همهٔ اجزای جدای ناپذیر آن است. به هر حال، توربین محرکی است که در نهایت برق خروجی را تولید می کند. این تجهیز همچنین یک واحد نسبتاً بزرگ است. در واقع، توربین اصلی آنقدر برای عملیات تأسیسات حیاتی است که هزاران دستگاه ایمنی افزونه برای آن وجود دارد تا قابلیت اطمینان آن را درصورت بروز حوادث غیرمترقبه تضمین کند. در طراحی توربین اصلی در یک نیروگاه خاص، سه دستگاه جداگانهٔ حفاظت در برابر اضافه سرعت وجود داشت برای اطمینان از اینکه در صورت وجود سرعت کنترل نشدهٔ بیش از حد توربین یک افزونگی سه گانه برای متوقف کردن آن موجود باشد. برای توربینی که توان تولید بیش از ۱۱۰۰ مگاوات انرژی الکتریکی را دارد، کار کردن در یک وضعیت لجام گسیخته، غیر قابل کنترل و با سرعت بیش از حد هرگز نباید اتفاق بیفتد.

وسایل ایمنی در برابر اضافه سرعت طوری طراحی شده بودند که وقتی یک شرایط سرعت بیش از حد احساس شد، این وسایل فعال شده سیگنالی را به دریچه های تأمین بخار مربوطه ارسال کنند تا جریان بخار را تنظیم کند یا کاهش دهد یا منبع بخار را که توربین را به حرکت درمی آورد به طور کامل قطع کند. حدس بزنید چه اتفاقی رخ داد ؟ توربین وارد یک سرعت بیش از حد غیر قابل کنترل شد. این امر، باعث ایجاد مقدار زیادی خسارت شد و فقط با خوش شانسی از یک مرگ جلوگیری شد. این اتفاق چگونه رخ داد؟ چگونه ممکن است این اتفاق رخ بدهد؟ یک افزونگی سه گانه برای جلوگیری از این حادثه وجود داشت.

به شکل ۳-۱۲ رجوع کنید. این شکل مشابه شکل های ۳-۳ و ۳-۷ است که قبلاً در این فصل مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. اگر چه سه دستگاه مجزای حفاظت در برابر اضافه سرعت وجود داشت، که همهٔ آنها به صورت موازی بودند، هیچ نشانه ای از خرابی برای هر یک به صورت جداگانه وجود نداشت. بدون تست مجزای مناسب برای هر دستگاه حفاظت در برابر اضافه سرعت و بدون درک پرسنل کارخانه از مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی، سیستم حافظت در برابر اضافه سرعت واقعاً افزونگی سه گانه نداشت، آنطورکه همه فکر می کردند. در واقع، دستگاه های محافظ[۱] به صورت نا آگاهانه به یک آسیب پذیری تک-خرابی وارد شده بودند. در نتیجه، توربین به یک سرعت بیش از حد غیر قابل کنترل وارد شد و پره های توربین درجدارهٔ زره مانند فرو رفتند. همانطور که می توان تصور کرد، تحقیقات پس از حادثه خوشایند نبود. انبوهی از محققان واحدهای مهندسی، نظارت و QA نمی توانستند تصور کنند که چگونه ممکن است چیزی که تصور می کردند یک سیستم افزونهٔ سه گانه است، خراب شود. در واقع، مطابق با آنچه که شما تاکنون در این فصل آموخته اید، نباید برای شما تعجب آور باشد که این فقط یک فاجعهٔ در انتظار رخ دادن بود. سپیده دم خوش اقبالی سرانجام به پایان رسید.

[۱] protective devices



یک سناریوی واقعی: اینجا چه اشکالی وجود دارد؟

• افزونگیِ سه گانه، هیچ وسیله ای برای تشخیص اینکه چه زمانی برای هر دستگاهِ اضافه سرعت خرابی رخ داده است، وجود ندارد. خرابی منفرد هر دستگاهِ اضافه سرعت، آشکار نیست. پنهان است.

• آزمایش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه کافی نیست زیرا فقط ویژگی ایمنی اضافه سرعت را از نقطه A تا نقطه B تأیید می کند.

• افزونگی سه گانهٔ ظاهری با یک آسیب پذیری تک خرابی نفی شده است.

شکل ۳-۱۲-نمونه ای از افزونگی سه گانه، آیا افزونگی این هست؟

تیم تحقیق چه چیزی پیدا کرد؟ یافته ها به این نتیجه رسید که یکی از دستگاه های حفاظت در برابر اضافه سرعت به مدت طولانی در وضعیت خراب بوده است، همانطور که توسط تست خوردگی آشکار شد، امّا هیچکس آن را نمی دانست. دستگاه دوم نیز ظاهراً مدتی در وضعیت خراب بوده است و این نیز آشکارا ناشناخته مانده بود. بنابراین، آن کارکردِ حیاتیِ حفاظت در برابر اضافه سرعت با افزونگی سه گانه به یک آسیب پذیری تک-خرابی فروکاسته شده بود و کسی آن را تشخیص نمی داد. دستگاه سوم هم بالاخره خراب شد. چرا پرسنل کارخانه نفهمیدند که دو تا از دستگاه های حفاظت در برابر اضافه سرعت قبلاً از کار افتاده بود و مدتی اینطور بود؟ کل افزونگی از دست رفته امّا تشخیص داده نشده بود. این دستگاه ها به اشتباه مجاز به کار تا خرابی بودند. همانطور که اکنون می دانید، برای اینکه تجهیزیRTF باشد، خرابی آن باید آشکار باشد و بدیهی است که در این مورد هیچ نشانه جداگانه ای از خرابی برای هر یک از این دستگاه ها وجود نداشت. آنها خرابی های پنهان بودند که توسط کارکنان کارخانه درک نشدند. فرصت ازدست رفتهٔ دیگر نحوهٔ آزمایش سیستم توسط آنها بود. ظاهراً از نقطهٔ A تا نقطهٔ B تست شد ولی هیچ دستگاهی به صورت مجزا تست نشد. این تجهیزات، به علت خرابی پنهانشان تجهیزات بالقوه حیاتی بودند و در سلول های مخفی خود برای ایجاد فاجعه در انتظار

بودند. خسارت ها چه بودند؟ این خسارت ها به صدها میلیون دلار رسید و نیروگاه تقریباً یک سال کامل غیر فعال بود، صرفنظر از ظرفیت تولید از دست رفته و از دست رفتن متناسبِ درآمد چند صد میلیون دلاری. خوشبختانه تلفات جانی وجود نداشت.

چگونه می شد از این حادثه جلوگیری کرد؟ خیلی راحت. اگر شما هر تجهیز از نیروگاه را تجزیه و تحلیل کرده بودید و به مفاهیم RCM که در این کتاب آموخته اید، مسلح بودید، این آسیب پذیری را تشخیص می دادید. با یک تغییر طراحی برای ارائهٔ نشانهٔ خرابی برای هر دستگاه یا به صورت منطقی تر و مقرون به صرفه تر، با اضافه کردن سادهٔ چند PM برای آزمایش هر دستگاه حفاظت در برابر اضافه سرعت به صورت جداگانه به جای تست کلی نقطهٔ A تا نقطهٔ B، می شد از این حادثه اجتناب کرد. یک فعالیت بسیار ساده با هزینهٔ اندک چند صد دلاری می توانست از تمام این مصیبت که حدود نیم میلیارد دلار هزینه داشت، جلوگیری کند. به همین دلیل است که من بر اهمیت مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی و نحوهٔ شناسایی خرابی های پنهان که اغلب بی ضرر و غیرآشکار هستند، تأکید می کنم که بزرگترین پتانسیل را برای جلوگیری از یک فاجعهٔ مشابه در تأسیسات شما به وجود می آورند.

این اتفاق واقعی نشان می دهد که چقدر مفهوم یک عنصر بالقوه حیاتی بودن- به عبارت دیگر حلقهٔ مفقودهٔ- RCM واقعاً قدرتمند است. این تجهیزات، حیاتی در نظر گرفته نشدند زیرا با یک خرابی منفرد اثری از خرابی وجود نداشت. در واقع، افزونگی سه گانه ای وجود داشت که همهٔ متخصصانِ قابلیت اطمینان را به یک حالت منطقی گمراه کننده فرو برد که پیشتر به آن اشاره کردم. بنابراین، حداقل دو تا از این سه دستگاه به اشتباه به عنوان تجهیزات کارکرد-تا-خرابی دسته بندی شده بودند و به علت آرامش کاذبِ باور به وجود افزونگیِ سه گانه، من مطمئن نیستم که حتّی یک فعالیت PM برای آزمایش کلی این دستگاه های حفاظت در برابر اضافه سرعت وجود داشته است. اگر آنها تست کلی را هم انجام نمی دادند، هر سه این دستگاه ها به یک وضعیت ناصحیح RTF تنزل داده می شدند. حتّی اگر آنها این دستگاه های حفاظت دربرابر اضافه سرعت را به صورت کلی آزمایش می کردند، خرابی سومین دستگاه حفاظت در برابر اضافه سرعت آشکارا در یک بازهٔ زمانی در برنامهٔ آزمایش کلی رخ می داد و بنابراین برای آن بازهٔ زمانی نیز نامشخص بود.

به علت اینکه پرسنل نیروگاه درکی از این حلقهٔ مفقوده و نحوهٔ رسیدگی به خرابی های پنهان نداشتند، دستگاه های حفاظت در برابر اضافه سرعتِ خراب کاملاً خارج از توجه افراد قرار گرفتند، و حتّی بدتر، آنها ظاهراً نامرئی بودند. راه های میانبر در فرایند RCM، اگر اصلاً شانسی هم داشت، شانس بسیار کمی برای تشخیص این آسیب پذیری داشت.

اکنون که شما ایده ای از میزان اهمیت خرابی های پنهان و اهمیت شناسایی دقیق آنها دارید، به باور من شما برای نسخهٔ طولانی آماده هستید. بخش زیر این اطلاعات را دربارهٔ خرابی های پنهان ارائه می دهد که برخی از آنها تکرار مباحث قبلی هستند. من این کار را با طراحی انجام می دهم، بنابراین در نقطه ای از آن نور کمی

به ذهن شما وارد خواهد شد(اگر در حال حاضر وارد نشده باشد) و شما خواهید گفت « اکنون من پیام نویسنده را که سعی کرده است این را که RCM و قابلیت اطمینان اساساً چه هستند به من بفهماند، درک می کنم». اگر درک کامل این پیام چند بار مطالعه می طلبد، احساس بدی نداشته باشید. اگرچه این مفاهیم باطنی نیستند، اما پیچیده و ظریف هستند. اطلاعات زیر تا حد زیادی کار نولان و هیپ را گسترش می دهد و RCM را به یک سطح کاملاً جدید می برد.

۳-۱۱- نگاهی عمیق تر به تجهیزات حیاتی، تجهیزات بالقوه حیاتی و خرابی های پنهان- چگونه این تجهیزات همه با هم جور در می آیند؟

ما به طور خلاصه در مورد تفاوت های بین تجهیزات حیاتی و بالقوه حیاتی، نحوهٔ شناسایی آنها و چگونگی تأثیر خرابی های پنهان بر آنها بحث کرده ایم. اکنون بیایید کمی عمیق تر نگاه کنیم به اینکه چگونه همهٔ اینها با هم با هم جور در می آیند .

من قصد دارم RCM را به فراتر از روشهای سنتیِ استقرار یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ببرم. من باور نمی کنم که شما می توانید کاملاً بر یک آزمایش کلی برای تأیید کارکرد یک سیستم یا حتّی بخش هایی از یک سیستم تکیه کنید. حتّی اگر آزمایش عملیاتی کل سیستم به طور کلی رضایت بخش باشد، اغلب اوقات حالت های خرابی کشف نشده ای وجود دارند که بلافاصله آشکار نمی شوند. این حالت های خرابی پنهان، پتانسیلِ نشان دادن خود را در یک اثر کارخانه ای درنتیجهٔ گذشت زمان یا پیامدهای خرابی چندگانه دارند. این حالت های خرابی پنهان، اغلب و به طور خاص در سیستم های آماده به کارِ پنهان یا بخش هایی از آن سیستم های آماده به کار رخ می دهند.

دلیل شناسایی هر حالت خرابی، اطمینان از آن است که اگر حالت های خرابی ممکن است منجر به یک پیامد در کارخانه شوند، صرفنظر از اینکه وقوع خرابی آشکار است یا خیر، PM های مناسبی برای آن ها تعیین می شوند.

۱- اگر حالت خرابی آشکار باشد، درصورتی که خرابی منجر به یک پیامد نامطلوب می شود، یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می تواند برای دفاع از تأسیسات در برابر خرابی آن تجهیز مشخص شود. این تجهیزات به عنوان «تجهیزات حیاتی» شناسایی می شوند. ذکر این نکته ضروری است که وقوع حالت خرابی می تواند از طریق پایش پیوستهٔ ابزار دقیق یا با وقوع خود اثرِ نامطلوب آشکار شود. این به این معنی است که اگر، به عنوان مثال، یک شیر در موقعیت بسته خراب می شود و نشانگر موقعیت مرتبط با آن و یک آلارم در اطاق کنترل شما وجود دارد، این نشانه ای از خرابی است. زمانی که شیر در موقعیت بسته خراب می شود، یک رویداد ناخواسته نیز می تواند به طور همزمان رخ بدهد که به همین ترتیب نشانه ای از خرابی است-اگرچه ما قطعاً می خواهیم از آن اجتناب کنیم.

۲- اگر وقوع حالت خرابی آشکار نباشد، در صورتی که اثر خرابیِ پنهان این پتانسیل را دارد که منجر به یک پیامد نامطلوب شود، هنوز هم یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می تواند برای دفاع از تأسیسات در برابر خرابی آن تجهیز مشخص شود. به همین دلیل است که من از این تجهیزات به عنوان «تجهیزات بالقوه حیاتی» یاد می کنم.

به بیان ساده، یک تجهیز زمانی دارای حالت خرابی پنهان است که یکی از موارد زیر وجود داشته باشد:

۱- زمانی که سیستم درحالت کار[۱] است، کارکرد تجهیز، معمولاً فعال[۲] یا در حال استفاده[۳] است امّا زمانی که این کارکرد از دست می رود یا متوقف می شود هیچ نشانه ای برای پرسنل عملیات اطاق کنترل وجود ندارد.

۲- زمانی که سیستم در حالت کار است، کارکرد تجهیز، معمولاً غیر فعال[۴] یا درحالت بدون استفاده[۵] است و هیچ نشانه ای برای پرسنل عملیات اطاق کنترل وجود ندارد که کارکرد در صورت نیاز در دسترس نخواهد بود.

این که حالت خرابی تجهیز به عنوان حیاتی شناسایی شود یا به عنوان بالقوه حیاتی، در هر دو مورد تابعی است از هدف اصلیِ تضمین این که یک فعالیت PM قابل اجرا و مؤثر برای جلوگیری از خرابی تعیین شود. همچنین به یاد داشته باشید که یک تجهیز منفرد ممکن است چندین حالت خرابی مختلف داشته باشد که نتیجهٔ آن دسته بندی های مختلف است. یک حالت خرابی ممکن است باعث شود که تجهیز حیاتی باشد، حالت خرابی دیگری ممکن است باعث شود که تجهیز بالقوه حیاتی یا حتّی اقتصادی باشد. حتّی ممکن است حالت خرابی دیگری از همان تجهیز به عنوان کارکرد-تا-خرابی دسته بندی شود. این موضوع متداول است. با این حال، دسته بندی نهاییِ تجهیز به صورت پیش فرض محدود ترین دسته را تعیین می کند، یعنی تجهیز به عنوان حیاتی دسته بندی می شود.

برای تجزیه و تحلیل مناسب حالت های خرابی پنهانی که در سیستم های آماده به کارِ پنهان رخ می دهند، این سیستمِ پنهان باید درحالت «تقاضای»[۶] خود تجزیه و تحلیل شود، زیرا به طور معمول در حال کار نیست. هر تجهیزی در این سیستمِ پنهان باید طوری تجزیه و تحلیل شود که انگار برای کارکرد فراخوانده شده است. هنگامی که شما یک حالت خرابی تجهیز را شناسایی می کنید که حتی در صورت تقاضا آشکار نیست، این چیزی است که من آن را یک خرابیِ پنهانِ واقعی می نامم. بسیاری از حوادث مهم(مانند سیستمِ معمولاً پنهان و دارای افزونگیِ سه گانهٔ اضافه سرعتِ توربین) به این علت رخ می دهند که این شرایط به ندرت درک و قطعاً به ندرت تجزیه و تحلیل می شود. حال که شما این دانش را دارید، می توانید از آن برای توسعهٔ برنامهٔ

[۱] in service
[۲] normally active
[۳] in use
[۴] normally inactive
[۵] not in use
[۶] demand

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ مبتنی بر RCM خود استفاده کنید و تأسیسات شما ایمن تر و قابل اطمینان تر از قبل خواهد بود.

به طور خلاصه، اگر یک خرابی آشکار باشد و اگر خرابی بتواند منجر به یک اثر فوری بر کارخانه شود، آگاهی از پیامد آشکار آن این امکان را به شما می دهد که یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را مشخص کنید که قرار گرفتن در معرضِ اثر خرابی در سطح کارخانه را به حداقل برساند. به همین ترتیب، اگر یک خرابی آشکار نباشد و منجر به اثر کارخانه فوری نشود، آگاهی از پیامد بالقوه اثرگذار روی کارخانه به شما اجازه می دهد تا یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را برای به حداقل رساندن قرار گرفتن درمعرضِ اثر در سطح کارخانه مشخص کنید.

اغلب اوقات، این موضوع که تجهیز حیاتی است یا بالقوه حیاتی بستگی به نحوهٔ نوشتن کارکرد[۱] تجهیز دارد. با این حال این امر واقعاً مهم نیست. به یاد داشته باشید که شما می خواهید اطمینان حاصل کنید که یک پیامد خرابی ناشناخته نمی ماند، و چه تجهیز حیاتی باشد یا بالقوه حیاتی، شما هنوز باید یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از خرابی شناسایی کنید. به عنوان مثال، یک کارکرد را می توان به چندین روش مختلف نوشت، بنابراین اگر شما خرابی کارکردی یک تجهیز را به صورت «شیر ورودی XYZ قادر به ایجاد ایزوله برای هِدرِ اصلی[۲] نیست» نوشتید، این خرابی ممکن است یک حالت خرابی بالقوه حیاتی باشد زیرا خرابی می تواند پنهان شود. با این حال، اگر خرابی کارکردی به صورت « با توجه به از دست دادن برق در محل، شیر ورودی XYZ قادر به ایجاد ایزوله برای هدر اصلی نیست» نوشته شود، خرابی فوری یا حیاتی خواهد بود زیرا شما رویداد آغازگر اضافیِ از دست دادن برق در محل را نیز گنجانده اید.

همانطور که قبلاً ذکر کردم، تا زمانی که شیر ورودی XYZ برای یک استراتژی PM جهت جلوگیری از خرابی آن شناسایی شده باشد، نحوهٔ نوشتن کارکرد مهم نیست. خواه تجهیز حیاتی باشد یا بالقوه حیاتی، برای کاربرد در مرحلهٔ ۲ شناسایی شده است که شناسایی یک فعالیت PM است. نکتهٔ مهم این است که این تجهیز از تشخیص به عنوان یک تجهیز حیاتی فرار نمی کند و اینکه یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مرتبط با آن وجود دارد. همانطور که یاد گرفته ایم، نگهداری و تعمیرات اصلاحی بخشی جدایی ناپذیر از تصویر بزرگتر نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است.

اکنون درک می کنید که چگونه قانون کانُن و تجهیزات بالقوه حیاتی تضمین می کنند که هیچ تجهیز مهمی به صورت ناشناخته از این فرایند عبور نمی کند و اینکه یک تجهیز مهم سهواً به عنوان یک تجهیز کارکرد-تا-

[۱] function
[۲] main header

خرابی دسته بندی نمی شود. بیایید ببینیم چگونه این مفاهیم کار می کنند، زمانی که به نظر می رسد یک ناهنجاری[۱] وجود دارد.

۳-۱۲-یافتن ناهنجاری ها[۲]

قانون کانُن می گوید که خرابی باید یک خرابی منفرد باشد، باید آشکار باشد، و باید به موقع رفع شود تا برای قرار گرفتن در دستهٔ RTF واجد شرایط باشد. با این حال، اگر تجهیز در سلسله مراتب اهمیت نسبی دارای رتبه ای بسیار پایین باشد، گرچه ممکن است خرابی تجهیز آشکار باشد، هنوز ممکن است هیچ پیامد خرابی در سطح کارخانه وجود نداشته باشد حتّی اگر تعداد بیشماری از خرابی های اضافی همراه با خرابی اصلی وجود داشته باشد. هنگامی که این منطق، یک سناریوی خرابی چندگانه را مشخص می کند که در عین حال هیچ پیامد خرابی ناخواسته ای ندارد، همواره باید بپرسید: « اساساً چرا این تجهیز در کارخانه نصب شده است؟». ناهنجاری ممکن دیگر زمانی وجود دارد که آن تجهیزات صرفاً برای رفاه و آسایش در تأسیسات شما نصب شده باشند یا به وضوح ارزش ناچیزی داشته باشند. این امر غیر معمول نیست که بفهمیم حتی اگر چنین تجهیزاتی دارای خرابی هایی هستند که آشکار نیستند، با این وجود ممکن است هیچ پیامدی در سطح کارخانه وجود نداشته باشد، حتّی اگر مجموعه ای از خرابی های اضافی در ارتباط با خرابی اصلی رخ بدهد.

به عنوان مثال، در یک تأسیسات تولیدی، تأمین آب برای توالت ممکن است در واقع خرابی های چندگانهٔ پنهان داشته باشد و هنوز هم به عنوان RTF دسته بندی شود. با این حال، در مورد سیستم آبِ سرویس که آب سرویس بهداشتی را در بوئینگ ۷۴۷ برای یک پرواز ۱۲ ساعته به استرالیا با بیش از ۳۰۰ مسافر تأمین می کند، چه می گوئید؟ قطعاً تأمین آب دستشوئی به عنوانRTF در یک بوئینگ ۷۴۷ دسته بندی نمی شود. مزیت ذاتیِ مفاهیم تجهیزات بالقوه حیاتی و قانون کانُن این است که این تجهیزات ناهنجار را برجسته و قابل توجه می کند، به طوری که هیچ چیز مهمی از دید منطق RCM پنهان نمی ماند. این مفاهیم، مسیری را برای موارد استثناء فراهم می کند، امّا تنها پس از آنکه آن موارد استثناء به دقت مورد بررسی قرار گرفته باشند. سپس می توان هر گونه تجهیز ناهنجار[۳] را به این منظور ارزیابی کرد که آیا آنها باید همچنان حفظ و نگهداری شوند یا اینکه باید برای حذف کامل از کارخانه در نظر گرفته شوند. با این حال، تصمیم با شماست.

یک تجربهٔ جالب، نیاز به درک همهٔ این مفاهیم را نشان می دهد. یک بار یکی از مدیران ارشد از من پرسید که چرا بخاری یک اطاق خاص به عنوان یک تجهیز حیاتی طبقه بندی شده است و نه یک تجهیزRTF، زیرا وقتی که خراب شد هیچ اتفاقی نیفتاد و مهم نبود که چه زمانی تعمیر شود. آن فرد این سؤال را در ماه آگوست از من پرسید که در زمانی که آن اتفاق رخ داد، هوا نسبتاً گرم بود و قطعاً بخاریِ اطاق مورد نیاز نبود. من

[۱] anomaly
[۲] Finding the Anomalies
[۳] anomaly components

توضیح دادم که در حالی که منطق او در ماه های تابستان غالب است، در ماه های زمستان غالب نیست، زمانی که نیاز ضروری به حفظ دمای اطاق که حاوی تجهیزات حیاتی بود، بالاتر از حداقل ۶۵ درجه فارنهایت وجود دارد.

همانطور که قانون کانُن نیز بیان می کند، « نگهداری و تعمیرات اصلاحی بسته به شرایط کارخانه در آن زمان معین با همهٔ تجهیزات دیگر متناسب است». بنابراین ممکن است در تابستان، نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ بخاری اولویت اصلی نباشد، امّا در ماه های زمستان هست. هر چقدر هم که این ساده به نظر برسد، اغلب سطح درک RCM حتّی بین مدیران ارشد اینقدر است.

۳-۱۳- خرابی های پیدا شده در حین نوبت کاری اپراتور[۱]

یکی دیگر از عواملِ معادلهٔ مربوط به اینکه آیا وقوع خرابی آشکار است یا نه، مربوط به نوبت های کاری رسمی اپراتور است که در سطح تأسیسات شما انجام می شود.

موارد بسیاری وجود دارد که وضعیت خرابی تجهیز برای پرسنل اطاق کنترل شما از طریق مانیتور کردن مداوم ابزار دقیق آشکار نمی شود امّا در طول یک نوبت کاری اپراتور آشکار خواهد شد.نوبت کاری های اپراتور بخشی جدایی ناپذیر از یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه هستند و به عنوان یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه از نوع «بازرسی» محسوب می شوند.

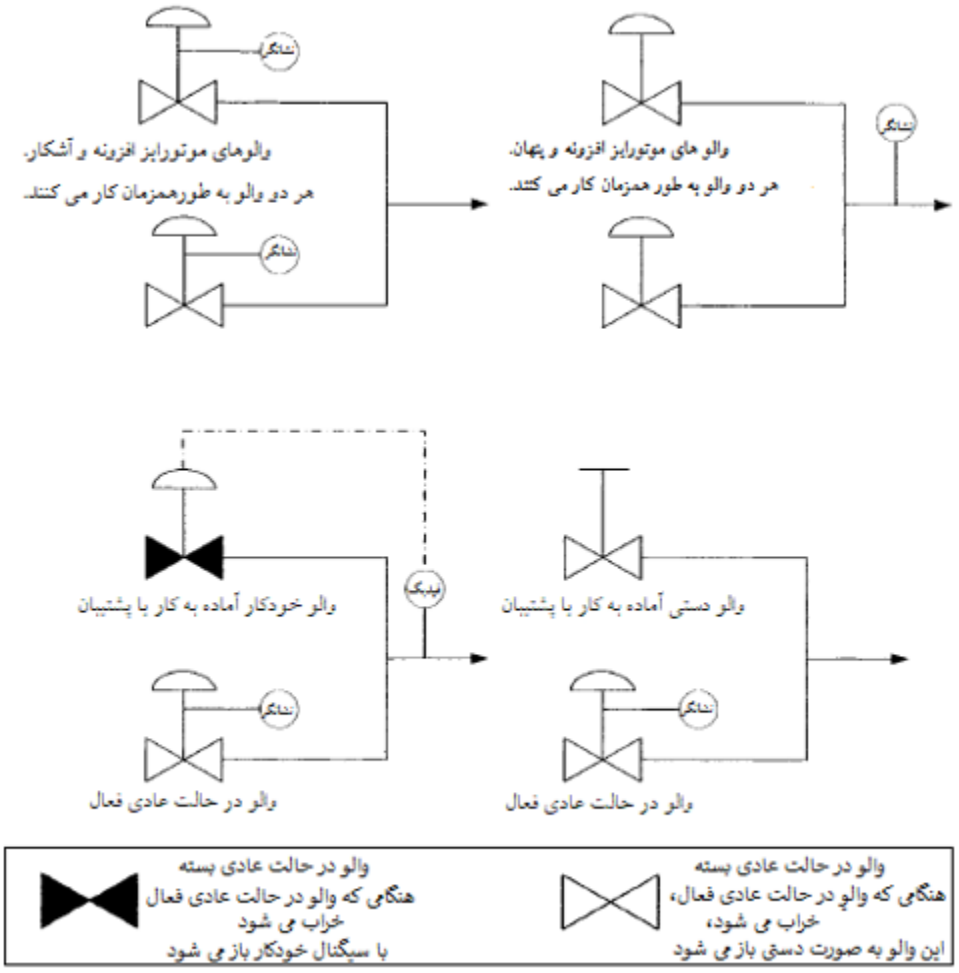
تا زمانی که نوبت کاری اپراتور در یک فرایند رویه ای رسمی گنجانده شود و در بازه های زمانی گسسته صورت گیرد، ممکن است تأییدی باشد بر اینکه آن خرابی را آشکار بنامیم. هر تأسیساتی مانند یک هواپیمای جت تجاری نیست، که در آن تقریباً همه چیز در کابین خلبان پایش می شود یا یک نیروگاه برق هسته ای که در آن تقریباً همه چیز در اطاق کنترل نظارت می شود-البّته به جز خرابی های پنهان مانند خرابی که باعث فاجعهٔ توربین شد.

۳-۱۴- کارکردهای افزونه، آماده به کار و پشتیبان.

سردرگمی های زیادی در مورد تجهیزات افزونه، پشتیبان و آماده به کار وجود دارد. آیا خرابیِ افزونگی آشکار است؟ در بسیاری از موارد آشکار نخواهد بود. به عنوان مثال، در بیشتر موارد افزونگی در قالب یک کارکرد پشتیبان یا آماده به کار وجود دارد. تفاوت بین کارکردهای افزونه، آماده به کار و پشتیبان به طور گسترده ای دچار سوء تفاهم شده است و منبع سردرگمی حتّی در صنعت هسته ای است. شکل ۳-۱۳ رایج ترین نمونه ها از این کارکردها را نشان می دهد. همچنین به شکل ۳-۱۴، سناریوی ۴ رجوع کنید (سناریوهای ۱ تا ۳ بعداً مورد بحث قرار خواهند گرفت).

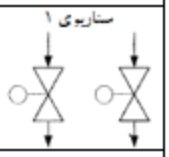
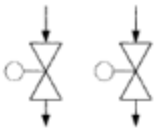
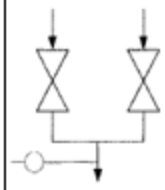
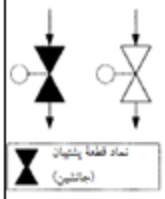
[۱] Operator Rounds

یک منبع اصلی سوء تفاهم زمانی ایجاد می شود که مثلاً دو پمپ وجود دارد و کارکرد یکی از پمپ ها این است که در حالت آماده به کار یا پشتیبان برای دیگری استفاده می شود. بنابراین، فقط یکی از آنها در یک زمان معین کار می کند و دیگری به عنوان آماده به کار یا پشتیبان در صورت خرابی پمپ اول کار می کند؛ هر کدام از پمپ ها می توانند به عنوان پشتیبان برای دیگری عمل کنند.



شکل ۳-۱۳- تجهیزات افزونه ، آماده به کار و پشتیبان.

زمانی که یک تجهیز برای انجام یک کارکرد آماده به کار یا پشتیبان فراخوان می شود، باید فرض شود که تجهیز معمولاً فعال خراب شده است. بنابراین اگر تجهیز پشتیبان خراب شود، یک پیامد ناخواسته ممکن است رخ بدهد و قطعاً زمان آن نیست که متوجه شوید تجهیز آماده به کار یا پشتیبان کار نمی کند. بنابراین تجهیزات آماده به کار یا پشتیبان به عنوان تجهیزات حیاتی درنظر گرفته می شوند و یک PM مورد نیاز است (البته با این فرض که یک پیامد خرابی ناخواسته رخ خواهد داد). از آنجا که هردو پمپ ممکن است به عنوان آماده به کار یا پشتیبان برای دیگری عمل کند، هردوی آنها حیاتی خواهند بود .

	شرایط	دسته بندی تجهیز
سناریوی ۱ 	الف) هردوبرای کارکرد مورد نیاز هستند. ب) نشانهٔ خرابی آشکار است. ج) خرابی یک والو منجر به پیامد برای کارخانه خواهد شد.	تجهیزات به علت داشتن اثر فوری برکارخانه «حیاتی» در نظرگرفته می شوند. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از خرابی مورد نیاز است.
سناریوی ۲ 	الف) هردو در حال کار هستند اما فقط یکی از آنها برای تأمین کارکرد مورد نیاز است. ب) نشانهٔ خرابی آشکار است. ج) خرابی یک والو منجر به یک جنبهٔ ایمنی، عملیاتی یا اقتصادی نخواهد شد. د)زمانی که خرابی آشکار می شود، نگهداری و تعمیرات اصلاحی روی اولین خرابی در اسرع وقت انجام می شود.	خرابی تجهیز آشکار است ، هیچ پیامد خرابی وجود ندارد و نگهداری و تعمیرات اصلاحی روی اولین خرابی در اسرع وقت انجام می شود. بنابراین، این ها تجهیزات «کارکرد-تا- خرابی» هستند.
سناریوی ۳ 	الف) هردو فعال هستند اما فقط یکی از آنها برای تأمین کارکرد مورد نیاز است. ب) نشانهٔ خرابی آشکار نیست. ج) خرابی یک والو منجر به پیامد اقتصادی برای کارخانه نخواهد شد.با این وجود ، خرابی هردو منجر به پیامد برای کارخانه خواهد شد.	خرابی تجهیز « پنهان » است و به علت پیامدهای «خرابی چندگانه» به عنوان « بالقوه حیاتی» دسته بندی می شود. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مورد نیاز است تا از پیامد برای کارخانه ناشی از خرابی "پنهان" همراه با یک یا چندخرابی اضافی جلوگیری شود،از آنجاکه هر دو تجهیز می توانند اول خراب شوند، هر دو « بالقوه حیاتی» هستند.
سناریوی ٤ 	الف) تجهیز « پشتیبان یا آماده به کار» مورد نیاز است تا درصورت خرابی تجهیز فعال کارکرد را فراهم کند. ب) هردو تجهیز می توانند به عنوان پشتیبان (یا آماده به کار) برای تجهیز دیگر عمل کنند. ج) نشانهٔ خرابی برای هر دو تجهیز آشکار است.	زمانی که تجهیز برای کارکرد به عنوان «پشتیبان یا آماده به کار» فراخوان می شود،فرض بر این است که تجهیز در حالت عادی فعال خراب شده است،اگر احتمالاً تجهیز پشتیبان یا آماده به کار خراب شود ،یک پیامد برای کارخانه رخ خواهد داد. بنابراین، تجهیز پشتیبان(یا آماده به کار) «حیاتی» در نظر گرفته می شود و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از خرابی آن مورد نیاز است. اگر هردو تجهیز بتوانند به عنوان پشتیبان (یا آماده به کار) برای هم عمل کنند، هر دو «حیاتی» هستند.

شکل ۳-۱۴-نمونه ای نوعی از دسته بندی تجهیزات

تجهیزات یا سیستم های افزونه معمولاً به طور همزمان کارمی کنند. اگر نشانهٔ مجزایی وجود داشته باشد که هر یک در حال کار هستند، و به همین ترتیب نشانهٔ مجزایی در زمان خرابی هر یک از آن ها وجود داشته باشد، در غیاب هرگونه ملاحظهٔ نظارتی، اقتصادی، خود تعریف شده یا سایر ملاحظات عملیاتی، این افزونگی اجازه می دهد تا یک دسته بندی کارکرد- تا-خرابی وجود داشته باشد.

تجهیزات پشتیبان خودکار یا آماده به کار خودکار به طور همزمان کار نمی کنند و به طور معمول با یک سیگنال ورودی خودکار شروع به کار خواهند کرد- به عنوان مثال، سیگنال ایجاد شده توسط یک فشار بالا یا پائین، دمای بالا یا پائین، از دست دادن جریان، یا سیگنال سطح مایع بالا یا پائین. تجهیزات پشتیبان یا آماده به کار دستی نیز به طور همزمان کار نمی کنند و فقط توسط یک ورودی دستی به جای ورودی خودکار شروع به کار می کنند یا از نظر عملیاتی فعال می شوند. در هر دو مورد، اگر احتمالاً یک پیامد ناخواستهٔ کارخانه در

نتیجهٔ خرابی تجهیز پشتیبان یا آماده به کار رخ بدهد، آن تجهیز به عنوان حیاتی در نظر گرفته می شود. اکثر افراد، از جمله بسیاری از کارشناسان، هنوز بر این باورند که فقط به این دلیل که به نظر می رسد افزونگی وجود دارد، این تجهیزات به طور خودکار به عنوان RTF واجد شرایط شناخته می شوند. کاملاً اشتباه !

۳-۱۵- نمونه هایی معمول ازدسته بندی تجهیزات

شکل ۳-۱۴ مثال هایی معمول از تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی و کارکرد-تا-خرابی را با هم ترکیب می کند به طوری که نکات ظریفی آشکار می شود. همانطور که در شکل ۳-۱۴ اشاره شده، تفاوت زیادی بین یک تجهیز دارای یک کارکرد پشتیبان و تجهیزی که پشتیبان نیست، وجود دارد. در سناریوی۲ از شکل ۳-۱۴، این تجهیز، یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی است در حالی که این تجهیز در سناریوی ۴ یک تجهیز حیاتی است.

۳-۱۶- سلسله مراتب دسته بندی تجهیزات

سلسله مراتب دسته بندی تجهیزات در شکل ۳-۱۵ نشان داده شده است. همانطورکه قبلاً ذکر شد، حالت های مختلف خرابی تجهیز بسته به پیامدهای خرابی آنها ممکن است دسته بندی های متفاوتی برای آن تجهیز داشته باشند. این تفاوت ها، به صورت پیش فرض، محدود کننده ترین طبقه بندی را برای آن تجهیز در نظر خواهد گرفت. همچنین به یاد بیاورید که یک تجهیز منفرد اغلب دارای انواع مختلف متعددی از فعالیت های PM مرتبط با خود خواهد بود، امّا هر فعالیت PM دسته بندی اهمیت خود را از این نظر که حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی است، حفظ می کند. هیچ PM ای برای قطعات RTF وجود ندارد.

یادداشت های مهم :

- **یک تجهیز دارای چندین حالت خرابی مختلف خواهد بود که در نتیجه برای هر حالت خرابی دسته بندی های متفاوتی ایجاد می شود. دسته بندی نهاییِ تجهیز به طور پیش فرض بالاترین دسته است.**
- **برخلاف تجهیزات، دسته بندی یک فعالیت PM درسطح تعیین شده توسط حالت خرابی خاص باقی می ماند.**
- **برای توضیح جامع و دلایل منطق بالا به بخش ۳-۱۶ رجوع کنید.**

سلسله مراتب دسته بندی تجهیز	سلسله مراتب دسته بندی فعالیت PM
حیاتی	حیاتی
بالقوه حیاتی	بالقوه حیاتی
تعهدآور	تعهدآور
اقتصادی	اقتصادی
کارکرد-تا-خرابی	کارکرد-تا-خرابی

شکل ۳-۱۵- سلسه مراتب دسته بندی تجهیزات و دسته بندی فعالیت های PM

برخلاف دسته بندی تجهیزات، دسته بندی PM در همان سطح باقی می ماند و به طور پیش فرض به بالاترین سطح نمی رسد. این بدان معنی است که اگر یک تجهیز به عنوان حیاتی دسته بندی شود امّا PM مرتبط با آن نیاز به رنگ آمیزی سالیانه دارد، آنPM، برای رنگ آمیزی می تواند اقتصادی باشد. باز هم این توضیح را برای اطمینان از دقّت، کامل بودن و صحت کل فرایند اضافه می کنم. مواردی که دسته بندی PM برای یک تجهیز از حیاتی یا بالقوه حیاتی تا اقتصادی متفاوت است، آنقدرها هم زیاد نیست. با این حال، شما باید آگاه باشید که این موضوع ممکن است، رخ بدهد. بنابراین، ممکن است یک تجهیز حیاتی با یک PM اقتصادی وجود داشته باشد. من این را متمایز می کنم زیرا اگرچه اغلب این اتفاق رخ نمی دهد، شما می توانید تصور کنید که یک استادکار به چه چیزی فکری می کند اگر یک PMبرای رنگ آمیزی قسمت بیرونی تجهیز به او محول شود وPM به عنوان حیاتی برای کارخانه دسته بندی شود؟ این موضوع کاملاً اهمیت نسبی انجام کار را از بین می برد که دقیقاً همان چیزی است که شما در تلاش برای دستیابی به آن از طریق RCM هستید. من RCM را به شیوه ای منطقی ارائه می دهم و دست به هر کاری می زنم تا آن را ساده اما درعین حال معقول و درست حفظ کنم.

۳-۱۷-استراتژی های دفاعیِ یک برنامهٔ PM

من دوست دارم یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را با استراتژی دفاعی یک تیم فوتبال مقایسه کنم. هنگامی که شما به آن فکر می کنید، آنها کاملاً شبیه هستند. هدف دفاعی در فوتبال جلوگیری از حریف در انجام کاری منفی یا آسیب رساندن به تیم شماست. هدف از برنامهٔ PM نیز جلوگیری از حریف، در این مورد تجهیزات، در انجام کاری منفی یا آسیب رساندن به کارخانهٔ شماست. در فوتبال، خط دفاعی به عنوان اولین خط عمل می کند، سپس مدافعان پشت خط و بعد مدافعان آزاد. در رویکرد من به RCM، تجهیزات حیاتی اولین خط دفاعی هستند، سپس تجهیزات بالقوه حیاتی، سپس تجهیزات تعهدآور و تجهیزات اقتصادی.

اولین خط دفاعی برای حفاظت از کارخانهٔ شما در برابر خرابی های پیش بینی نشدهٔ تجهیزات، شامل شناسایی تجهیزات حیاتی است. زمانی که این تجهیزات برای کار فراخوانده می شوند، یک خرابی منفرد فوراً به یک پیامد زیان آور برای کارخانه منجر می شود.

دومین خط دفاعی برای حفاظت از کارخانهٔ شما، شناسایی تجهیزات بالقوه حیاتی است، که خرابی آنها پنهان است و منجر به پیامد فوری کارخانه نمی شود. با این حال، یا در طول زمان یا درترکیب با یک یا چند خرابی اضافی یا رویداد های آغازگر، یک پیامد زیان آور کارخانه رخ خواهد داد.

سومین خط دفاعی برای حفاظت از کارخانهٔ شما، شناسایی تجهیزات تعهدآور و اقتصادی است. زمانی که این تجهیزات برای کارکرد فراخوانده می شوند، خرابی آنها حیاتی یا بالقوه حیاتی نیست، امّا آنها منجر به یک از دست رفتن یک تعهد یا یک موضوع اقتصادی می شوند.

۳-۱۸- حذف الزام به شناسایی مرزها و رابط ها[۱]

در فصل ۲ و در ابتدای این فصل، من یک عبارت شگفت انگیز ساختم : اینکه RCM نیاز به شناسایی مرزهای سیستم و رابط ها ندارد. این موضوع یک توسعه از فلسفهٔ پیشگامان RCM، نولان و هیپ، است. عدم نیاز به شناسایی مرزها و رابط های سیستم یکی از جنبه های اصلیِ «اجرای *RCM* به زبان ساده» است. قرار بود RCM یک فرایند تصمیم گیری ساختاریافته برای شناسایی آن آیتم هایی باشد که خرابی آنها درسطح تجهیز قابل توجه است. این کارکردها و خرابی های احتمالی در سطح تجهیز است که برای جلوگیری از پیامدهای در سطح کارخانه مهم هستند.

برای شروع یک تجزیه و تحلیل RCM روش های متعددی وجود دارد. تنها روشی که در حال حاضر در هر نشریه ای درمورد RCM کلاسیک ترویج می شود، شناسایی کارکردها در سطح سیستم و سپس در سطح زیرسیستم است. این روش، روش نادرستی نیست، با این حال، روشی بسیار سخت و دست و پاگیر است زیرا شما مجبور به شناسایی مرزها و رابط های سیستم هستید. این کار شاید زمانبرترین و پیچیده ترین جنبهٔ کل

[۱] Boundaries and Interfaces

فرایند RCM است. این کار همچنین شما را در برابر نادیده گرفتن برخی از کارکردهای بسیار مهم تجهیزات آسیب پذیر می کند.

برای شناسایی مرزهای سیستم، شما باید هر سیستم و زیر سیستم را بخش بندی کنید و سپس نقاط رابطِ شروع و پایان را شناسایی کنید، یعنی جایی که سیستم ها و زیرسیستم های مجاور قرار دارند. این مرزها باید به وضوح بر روی نمودارهای کارخانه شناسایی و علامت گذاری شود. شما باید بدانید که یک سیستم به کجا ختم می شود و سیستم دیگر از کجا شروع می شود یا ممکن است تجهیزات بی شماری داشته باشید که از قلم بیفتند و تجزیه و تحلیل نشوند. این امر به معنای شناسایی مرزها و رابط ها فقط در سطح سیستم نیست بلکه شناسایی مرزها و رابط ها در سطح زیر سیستم در آن سیستم کلی را نیز در برمی گیرد.

به معنای واقعی کلمه، صدها نقطهٔ رابط دلخواه وجود دارد که برای هر سیستم باید مشخص شود. این بدان معنی است که هزاران تجهیز دلخواه منفرد باید به طور خاص شناسایی شوند و به عنوان نقاط رابط ثبت و مستند شوند. سپس رابط های منابع تغذیه، انتقال سیال، ورودی های سیگنال و غیره وجود دارند. این یک فعالیت دلهره آور است، حتّی برای تحلیلگران با تجربهٔ RCM. امّا این هنوز پایان فرایند شناسایی مرزها و رابط ها نیست. اغلب یک شیر، یکی از نقاط رابط می شود که در این مورد شما باید تصمیم بگیرید که آیا آن شیر جریان را از سیستم مجاور به سیستم مورد تجزیه و تحلیل کنترل می کند. اگر اینطور است، به عنوان یک رابط خارج از سیستم به داخل سیستم[۱] ثبت می شود و شیر متعلق به سیستم مجاور است. اگر شیر جریان را از سیستم مورد تجزیه و تحلیل به سیستم مجاور کنترل می کند، به عنوان یک رابط از داخل سیستم به خارج[۲] از آن ثبت می شود و متعلق به سیستمی است که تحت تجزیه و تحلیل است. همچنین به خاطر بسپارید که یک تجهیز خاص تنها می تواند در یک زیر سیستم از سیستم بزرگتر قرار گیرد. زمانی که شما همهٔ مرزها و رابط ها را شناسایی کردید، می توانید به خوبی در مسیر خود برای تکمیل کل تجزیه و تحلیل RCM در یک کارخانه با اندازهٔ متوسط قرار بگیرید.

همانطورکه در فصل۲ ذکر شد، شناسایی مرزها و رابط ها یکی از دلایل اصلیِ شکست در پیاده سازی یک برنامهٔ RCM است. شاید بهتر باشد که این تدابیر برای یک نیروگاه هسته ای یا یک هواپیمای تجاری انجام شوند، امّا آنها هنوز ضروری نیستند زیرا همهٔ آنها به هر حال هنگام شناسایی کارکردها در سطح تجهیز ثبت می شوند. هنگام شناسایی کارکردها در سطح تجهیز، تمام نقاط رابط در نهایت به عنوان بخشی از فرایند گنجانده می شوند، بنابراین شما مجبور نیستید به طور خاص هزاران شناسهٔ تجهیز (I.D) را فقط برای تعیین نقاط شروع و پایان مورد بررسی قرار دهید. هر تجهیز، بدون توجه به بزرگی یا کوچکی آن باید تجزیه و تحلیل شود. علاوه بر این، هرکارکرد از هر تجهیز باید تجزیه و تحلیل شود. این یک فرایند سر راست و نسبتاً آسان

[۱] out-system ininterface

[۲] in-system out-interface

است. لازم نیست که این کار به ترتیب انجام شود همانطور که اگر با شناسایی کارکردها در سطح سیستم آغاز می کردید، باید انجام می دادید. در نهایت، شما تجزیه و تحلیل را برای همهٔ تجهیزات کامل خواهید کرد و در نهایت، اثرات خرابی تجهیز است که ما به دنبال آن هستیم.
اکثر تأسیسات تقریباً به طور قطع نسبت به یک نیروگاه هسته ای یا یک هواپیمای جت تجاری جمعیت نسبتاً کمتری از تجهیزات برای تجزیه و تحلیل دارند. یک سیستم نیروگاه هسته ای منفرد با اندازهٔ متوسط احتمالاً نسبت به کل تأسیسات با اندازهٔ متوسط در صنعت دیگر، تجهیزات بیشتری برای تجزیه و تحلیل دارد. بنابراین، تعریف کارکردها به طور مستقیم در سطح تجهیز و حذف تمام بارهای غیرضروریِ شناساییِ مرزها و رابط ها بسیار ساده تر است. زمان و هزینهٔ ذخیره شده قابل توجه خواهد بود.

۳-۱۹ کارکردها و خرابی های کارکردی در سطح تجهیز شناسایی می شوند، نه در سطح سیستم یا زیر سیستم

دلیل اصلی برای شناسایی کارکردها در سطح سیستم این بود که قادر به شناسایی جمعیِ تعداد زیادی از تجهیزات منفرد باشیم که می توانند باعث خرابی کارکردی سیستم شوند. البته، انجام آن به این شکل فایده ای نسبتاً ضعیف دارد. حتّی هنگام شناسایی کارکردها در سطح سیستم، هنوز هم هدف ما رسیدن به سطح تجهیز است تا آن حالت های خرابی تجهیز را که تأثیر نامطلوبی بر ایمنی و قابلیت اطمینان کارخانهٔ شما دارند، شناسایی کنیم. به هر حال، اگر تمام تلاش برای رسیدن ما به سطح تجهیز است، چرا برای شروع از آنجا آغاز نکنیم؟ و این دقیقاً همان چیزی است که «اجرای *RCM* به زبان ساده» انجام می دهد.
این تجربهٔ من بوده است که پیچیدگی و زمان درگیری در شناسایی مرزها و رابط ها ارزش تلاش ندارند و دقت بیشتری برای شما به ارمغان نمی آورند. درواقع، جز در صورتی که شما یک متخصصِ واقعیِ RCM باشید و قبلاً یک برنامهٔ RCM در مقیاس بزرگ انجام داده باشید، شناسایی کارکردها در سطح سیستم حتّی ممکن است به دقت کمتری در تجزیه و تحلیل منجر شود. منظور من از این حرف چیست؟ حتّی برای برخی از با تجربه ترین تحلیلگران، شناسایی کارکردهای هر سیستم و زیرسیستم بسیار دشوار است. اغلب، تجهیزات سرگردان از قلم انداخته می شوند و برای هیچیک از کارکردهای شناسایی شدهٔ سیستم و زیر سیستم به حساب آورده نمی شوند. این امر می تواند حذف خطرناکی باشد.
یکی دیگر از ملاحظات منفی در این فرایند این است که بسیاری از کارکردهای مختلفِ یک سیستم یا زیر سیستم یکسان، تجهیز را به عنوان عامل تأثیرگذار مشخص می کنند. این کار تکراری با شناساییِ کارکردها در سطح تجهیز حذف می شود. کارکردها برای هر تجهیز فقط یکبار تجزیه و تحلیل می شوند، بنابراین هیچ تکراری وجود ندارد.

حتّی اگر شناسایی کارکردها در سطح تجهیزات به وضوح کارکردهای بیشتری را نسبت به زمانی که آنها در سطح سیستم شناسایی می شوند، شامل شود، زمان صرفه جویی شده و سطح دقّت به دست آمده ارزش آن را دارد. هیچ تجهیزی جهت تجزیه و تحلیل از قلم انداخته نمی شود-هیچ تجهیز سرگردانی وجود ندارد. همچنین انجام دادن تجزیه و تحلیل بسیار سرراست تر و درک آن آسان تر است. به همین ترتیب پیاده سازی نتایج تجزیه و تحلیل آسانتر است و هر گونه اضافه شدن بعدی به برنامه آسان تر صورت می گیرد. من در فصل ۵ به شما نشان خواهم داد که چگونه از این رویکرد ساده برای RCM استفاده کنید. برخی افراد ممکن است ترجیح بدهند که کارکردها و در نتیجه مرزها و رابط ها را در سطح سیستم یا زیر سیستم شناسایی کنند. من همچنین در فصل ۵ نحوهٔ توسعهٔ یک برنامهٔ RCM را با استفاده از این رویکرد دشوارتر توضیح خواهم داد.

هر سیستمی، با هر میزان پیچیدگی، می تواند به ساده ترین عناصر آن شکسته شود که در سطح جزء یا تجهیز وجود دارد . اصطلاحات جزء[۱] و تجهیز[۲] ، همانطور که در این کتاب به کار برده شده، مترادف هستند. سطح اجزاء سطحی است که در آن یک عدد شناسایی تجهیز مجزا (equipment I.D.) مشخص می شود. این سطحی است برای تعیین کارکرد یک شیر، پمپ، مبدل حرارتی، سیرکت بریکر (قطع کننده مدار) و غیره. این سطح شامل قطعات زیر مجموعه[۳] مانند بیرینگ ها، آرمیچر، استاتور، شفت، و میل لنگ نمی شود. زیرمجموعه ها هنگام شناساییِ علل خرابی تجهیز مهم می شوند و آنها زمانی که به کاربرگ PM در فصل۶ می رسیم، به عنوان بخشی از فرایند گنجانده می شوند. بنابراین برای شناسایی کارکردها، ما در سطح تجهیزات باقی می مانیم.

یکی دیگر از نکات بسیار مهم هنگام شناسایی کارکردها در سطح تجهیزات، تجهیزات جدید یا اصلاح شده یا طرح های عملیاتی متفاوت است که به موجب آن تغییراتی در تجزیه و تحلیل مورد نیاز خواهد بود. ایجاد این تغییرات در سطح تجهیزات بسیار ساده تر از اجبار به بررسی کارکردها در سطح سیستم و سپس زیر سیستم برای معرفی آنها است.

شناسایی کارکردها در سطح تجهیزات همچنین نقش مهمی را در یک برنامهٔ آموزشی عالی برای افراد درگیر در تجزیه و تحلیل ایفا می کند تا اطلاعات دقیقی درمورد نحوهٔ عملکرد کارخانه کسب کنند. شما ممکن است تعجب کنید که چقدر می توانید از این تجربه بیاموزید که قبلاً نمی دانستید. همچنین به یاد داشته باشید که RCM یک برنامهٔ پویا و زنده است و ایجاد تغییرات و تنظیمات در سطح تجهیزات در یک برنامهٔ پویا بسیار ساده تر است.

---

[۱] componenet
[۲] equipment
[۳] subassembly piece parts

«شناسایی کارکردها به طور مستقیم در سطح تجهیزات» می تواند یک عنصر انقلابی در RCM کلاسیک باشد. صرفه جویی در زمان بسیار زیاد است، تجزیه و تحلیل بسیار ساده تر است، ایجاد تغییرات و اضافات بسیار ساده تر است، درک خودِ فرایند بسیار آسان تر است و بالاتر از همه، تجزیه و تحلیل کامل تر و دقیق تر است.

۳-۲۰- جستجو برای پیامد خرابی

پیامد خرابی[۱] همان چیزی است که کل فرایند RCM دربارهٔ آن است. هر کاری که شما در RCM انجام می دهید و هر قسمت از تجزیه و تحلیل محرکی برای به دست آوردن فقط یک پاسخ است: پیامد خرابی چیست؟ پس از مشخص شدن این موضوع، شما باید نحوهٔ جلوگیری از پیامد خرابی ناخواسته را از طریق یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تجویزی بفهمید، که شامل مجموعهٔ وسیعی از فعالیت های PM است که از میان آنها می توان انتخاب کرد. چطور به آنجا می رسید؟ ترتیب زمانی به صورت زیر است:

۱. با شناسایی همهٔ کارکردهای تجهیزات[۲] شروع کنید.

۲. خرابی های کارکردی[۳] یا راه های مختلفی که ممکن است کارکرد ارائه نشود، را شناسایی کنید (هرچند که من لزوماً با این گام از فرایند موافق نیستم، شناسایی خرابی های کارکردی آنقدرها هم سخت نیست زیرا آنها دقیقاً نقطه مقابل کارکرد هستند. من این گام را در درجهٔ اول برای برآورده کردن استاندارد JA۱۰۱۱ از SAE اضافه نموده ام. این موضوع در فصل۴ توضیح داده شده است).

۳. حالت های خرابی[۴] مختلف یا روش های مختلفی را که تجهیز ممکن است از کار بیفتد که منجر به خرابی کارکردهای قبلاً شناسایی شده خواهد شد، شناسایی کنید.

۴. اثرات حالت های خرابی[۵] را شناسایی کنید. این کار می تواند در سطح محلی، سطح زیر سیستم، سطح سیستم یا سطح کارخانه انجام شود. بنا به تجربه، من دریافته ام که هرگونه ارزش واقعی در شناسایی اثرات خرابی در سطح کارخانه است. با این حال، به عنوان تصدیق اطلاعات میانی، اثرات در سطح سیستم نیز شناسایی می شوند.

۵. مشخص کنید که چه پیامدهایی[۶] برای کارخانه یا تأسیسات شما در نتیجهٔ اثرات خرابی وجود خواهد داشت. این پیامدها مبتنی بر این هستند که شما چه چیزی را بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که تعیین می کنید، مهم و مناسب می دانید. (این مورد در فصل۵ مورد بحث قرار گرفته است).

---

[۱] consequence of failure
[۲] functions of the equipment
[۳] functional failures
[٤] failure modes
[٥] effects of the failure modes
[٦] consequences

همهٔ این گام ها بخشی از مرحلهٔ ۱ هستند، همانطورکه در بخش ۳-۱ شرح داده شد.

مرحلهٔ ۱: شامل شناسایی تجهیزاتی است که برای ایمنی کارخانه، تولید و حفاظت از دارایی مهم هستند.

این کار ما را به مرحلهٔ ۲ می رساند، که مشخص کردن انواع مختلف فعالیت های PM است.

مرحلهٔ ۲ : شامل تعیین فعالیت های PM مورد نیاز برای تجهیزات شناسایی شده در مرحلهٔ اول است. این فعالیت ها باید هم قابل اجرا[۱] و هم مؤثر[۲] باشند.

این مرحله همچنین شامل یک روش کاملاً تجویزی برای تعیین اقدامات پیش فرض در صورت پیدا نشدن یک فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ قابل اجرا و مؤثر است. فصل ۶ به توسعهٔ استراتژی های PM با جزئیات می پردازد.
همهٔ گام های قبل با هفت گام مشخص شده در استاندارد SAE JA۱۰۱۱ برای تعیین اینکه چه چیزی یک برنامهٔ RCM را تشکیل می دهد، مطابقت دارد. این موضوع در فصل ۵ بیشتر شرح داده شده است. مرحلهٔ سوم اجرای فعالیت ها است.

مرحلهٔ ۳ : شامل اجرای[۳] درست فعالیت های مشخص شده در مرحلهٔ ۲ است.

توجه به این نکته ضروری است که سؤالِ « پیامد خرابی چیست؟»، کاملاً مستقل از شجره نامهٔ تجهیز است. منظورم این است که پیامد خرابی مستقل از این است که آیا تجهیز مرتبط با ایمنی است یا خیر، یا اینکه آیا رتبه بندی کلاس تجهیز نسبت به تجهیزات دیگر کیفیت پائین تری دارد، یا اینکه آیا درمنطقه ای ظاهراً با اهمیت کم تر در تأسیسات شما قرار گرفته است، یا درمقایسه با سایر تجهیزات به ندرت منجر به نگهداری و تعمیرات اصلاحی می شود، یا اینکه احتمال خرابی پائین تری دارد (اگر به آمار علاقه دارید) و غیره. سؤال در مورد هرحالت خرابیِ هر تجهیز این است که « اگر احتمالاً خراب شود، پیامد آن برای تأسیسات چیست؟».
همانند احتمالات خرابی، از این آمار ممکن است برای تعیین دورهٔ تناوب[۴] یک فعالیت مشخص استفاده شود، امّا آنها عاملی در تعیین اینکه آیا تا زمانی که یک حالت خرابی معتبر است، یک فعالیت PM باید گنجانده شود یا خیر، ، نیستند. حالت های خرابی معتبر در فصل های ۴ و ۵ شرح داده شده است و این جنبه از فرایند تجزیه و تحلیل برای تعیین دوره های تناوب فعالیت PM در فصل ۶ مورد بحث قرار گرفته است.

---

[۱] applicable
[۲] effective
[۳] executing
[۴] periodicity

۳-۲۱- COFA در مقابل FMEA

اصطلاح رایج برای فرمت تجزیه و تحلیل فرایند RCM، FMEA است که مخفف تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی[۱] است . برخی از برنامه ها حتّی آن را FMECA یا تجزیه و تحلیل حالات و اثرات و بحرانیت خرابی[۲] می نامند. استفاده از این فرمت های تجزیه و تحلیل اشتباه نیست، آنها هردو معتبر هستند. با این حال، من متوجه شده ام که اطلاعاتی یکسان را می توان جمع آوری کرد، امّا با وضوح مفهومی بیشتر، با استفاده از COFA، که مخففِ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی[۳] است. من COFA را توسعه دادم تا شامل همهٔ ویژگی های مشابه FMEA و همچنین ویژگی های اضافی باشد، به طوری که فراگیر باشد- و این کار را در سطح تجهیز انجام می شود. این سطح تجهیز است که مقصد نهایی برای رسیدن به پیامدهای خرابی است. از این گذشته، هم FMEA و هم COFA شما را به سمت شناسایی پیامدهای خرابی برای هر حالت خرابی تجهیز هدایت می کنند، پس چرا این کار مشخص تر، دقیق تر و شفاف تر با استفاده از قالب دقیق تری انجام نشود و چرا آن را آنچه که واقعاً هست، ننامیم؟

من تمام منطق RCM را برای شناسایی تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی در چارچوب COFA یکپارچه کرده ام. علاوه بر این، منطق قطعی را گنجانده ام برای اینکه آیا وقوع خرابی آشکار است یا نه. COFA همچنین شامل فرایند تصمیم گیری برای تعیین پیامد خرابی بر اساس معیارهای مشخص قابلیت اطمینان دارایی است. بنابراین، COFA یک تجزیه و تحلیل منطقیِ RCM ساده، مستقل و فراگیر را تشکیل می دهد که سرراست تر و جامع تر از FMEA است. این واقعاً «پیاده سازی RCM به زبان ساده» است. فصل ۵ شما را در هرگام درخت منطقی COFA و کاربرگ COFA با نمونه هایی از یک تجزیه و تحلیل واقعی راهنمایی می کند.

یکی دیگر از ویژگی های COFA حفظ جداسازی واضح فرایندِ تعریف تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی از فرایند تعیین فعالیت های PM قابل اجرا و مؤثر مرتبط با آنها است. چرا ؟ برای وضوح و سادگی. من متوجه شده ام که تلاش برای تعیین نوع فعالیت هایPM همزمان با تلاش برای تعریف حیاتی بودن یک تجهیز فقط یک عنصر سردرگمی را به فرایند اضافه می کند. همچنین قدرت ذهنی و شتاب مرحلهٔ ۱ را که ابتدا برای تعریف تجهیز قبل از تعریف فعالیت برای آن مجموعه از تجهیزات، کاهش می دهد.

دلیل معتبر دیگری برای انجام کار به این شیوه وجود دارد. همانطورکه من در بخش ۳-۲ اشاره کردم، شما باید کارکردهای هر تجهیز را به صورت جداگانه شناسایی کنید. شما نمی توانید انواع تجهیزات مشابه را برای شناسایی کارکردهای آنها با هم گروه بندی کنید. با این حال، می توانید انواع تجهیزات مشابه را برای شناسایی

---

[۱] *failure modes and effects analysis*

[۲] failure modes, effects, and criticality analysis

[۳] consequence of failure analysis

انواع مختلف فعالیت های PM با هم گروه بندی کنید. در واقع، این روش ترجیحی برای تکمیل آن بخش از فرایند است. چرا؟ به عنوان مثال، ممکن است (و احتملاً خواهد بود) بسیاری از انواع مشابه موتورها، پمپ ها، سوئیچ ها، شیرهای با عملگر موتوری[۱] و شیرهای با عملگر بادی[۲] وجود داشته باشد که از نوع مشابهی از برنامه های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا پیشبینانه استفاده کنند. بنابراین، بسیار محتاطانه تر و کارآمدتر است که فعالیت های PM را بر اساس نوع تجهیز مشخص کنید.

حتّی ممکن است بخواهید انواع تجهیزات مشابه را با هم گروه بندی کنید که به عنوان تجهیزات اقتصادی طبقه بندی بندی شده اند. این کار ممکن است فرصتی را در اختیار شما قرار دهد که مجموعه ای متفاوت و کمتر دقیق از برنامه های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا پیشبینانهٔ را نسبت به آنچه که برای تجهیزات حیاتی و بالقوه حیاتی از آن نوع مشخص می کنید، تعیین کنید. این امر یکی دیگر از دلایلی است که من مشخصاً شناسایی طبقه بندی تجهیزات مختلف را تعیین کردم. علاوه بر بهره مندی از اولویت بندی کار و بهینه سازی منابع موجود، این کار همچنین می تواند برای تعیین درجه ای که تصمیم می گیرید فعالیت های PM پیشنهادی را برای تجهیزات کاملاً اقتصادیِ خود مشخص کنید، استفاده شود.

به یاد داشته باشید، که دوره های تناوب فعالیت های پیشگیرانه و پیشبینانه هنوز هم بر اساس تجهیزات منفرد با استفاده از چندین عامل تصمیم گیری مانند محیط تجهیز، تاریخچهٔ خرابی، جریان فرایند، دما و غیره تعیین می شوند. فصل ۶ در مورد عوامل مختلف برای تعیین دورهٔ تناوب صحیح برای یک فعالیت PM بحث می کند.

۳-۲۲- چگونه می دانید که چه زمانی کارخانهٔ شما قابل اطمینان است؟

چگونه متوجه می شوید که چه وقت کارخانهٔ شما قابل اطمینان است؟ اگر شما یک تجزیه و تحلیل RCM را انجام نداده اید و از دستاوردهای قابلیت اطمینان فعلی خود راضی هستید، شاید خوش شانس بوده اید. یا شاید کارخانهٔ شما نسبتاً جدید است و هنوز در معرض موضوعات فرسودگی قرار نگرفته است. اولین مورد از این دو امکان قابل قبول نیست. دومین مورد فقط آسایش خاطر کوتاه مدّت به شما می دهد، که به شما اجازه می دهد در یک حالت غیرواقعی و توهمی از رضایت خاطر وجود داشته باشید که در بهترین حالت فقط موقتّی است.

همچنین باید در مورد وضعیت رایج دیگری به شما هشدار دهم: یک حالت توهم که در آن رویدادهای برنامه ریزی نشدهٔ خرابی رخ می دهند و هر رویدادی به طور منظم به عنوان یک حادثهٔ «منفرد[۳]« بسته بندی می شود . پس از ده ها حادثهٔ مجزا و ایزوله، فرد شروع به باور این موضوع می کند که چیزی شوم تر از نظر قابلیت اطمینان کارخانهٔ شما در حال رخ دادن است.

---

[۱] motor-operated valves

[۲] air-operated valves

[۳] isolated

اگر شما در نوعی از برنامهٔ بازرسی دوره ای مورد نیازِ یک نهاد نظارتی مانند ادارهٔ هوانوردی و فضایی فدرال[۱] (NASA)، ادارهٔ داروی فدرال[۲](FDA) ، OSHA ، EPA ، NRC یا FAA شرکت می کنید، باید آگاه باشید که این آژانس ها نسبت به این موضوع هشیارتر می شوند که این حوادث منفرد را به عنوان پوششی برای کتمان عملکرد قابلیت اطمینان غیرقابل قبول در نظر می گیرند.

اغلب اوقات (و متأسفانه چنین است) قابلیت اطمینان تبدیل به «مد روز»[۳] می شود. هنگامی که یک رویداد ناخواستهٔ بزرگ رخ می دهد، عجله زیادی برای تقویت قابلیت اطمینان آن قطعهٔ خاص از تجهیز با تعداد بی شماری از فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، طرح های جدید و هر چیزی در این بین وجود دارد.

این امر به وضوح مدیریت ارشد را آرام می کند، امکان مستند کردن اقدامات اصلاحی برای پیگیری اجتناب ناپذیر گزارش علل ریشه ای را فراهم می کند و احتمالاً برای تجهیزات مورد نظر مفید است، اما مدیریت بحران راهی برای ادارهٔ یک شرکت هواپیمایی، یک نیروگاه هسته ای، یک کشتی تفریحی، یک کارخانهٔ تولیدی، یک پالایشگاه نفت، یک کارخانهٔ کاغذ یا هر نوع تأسیسات نیست.

همانطورکه در فصل های بعدی خواهیم آموخت، هیچ تضمینی وجود ندارد که یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به تنهایی- حتی یک برنامهٔ RCM برتر- از هر خرابی جلوگیری کند، بیش از همهٔ ویژگی های ایمنی تعبیه شده در خودرو که در صورت تصادف، محافظت در برابر آسیب دیدگی را تضمین می کند.

اما گارانتی هایی وجود دارد که برخی از خودروها نسبت به دیگران درجهٔ بیشتری از محافظت در برابر آسیب دیدگی ارائه می دهند، و این منطق برای یک برنامهٔ RCM برتر نیز صادق است. چنین برنامه ای درجهٔ بیشتری از قابلیت اطمینان و محافظت در برابر رخدادهای فاجعه بار نسبت به زمانی که وجود نداشت، ارائه می دهد.

هنگامی که شما یک تجزیه و تحلیل جامع RCM را انجام دادید و فقدان بسیار واضحی از هرگونه پیامد جدی در کارخانهٔ شما وجود دارد، و حجم کاری شما در درجهٔ اول برای فعالیت های نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده به جای رویدادهای برنامه ریزی نشده استفاده می شود، این امر تا حدودی نشانگر یک قابلیت اطمینان سالم است.

فصل ۹ به شما نشان می دهد که چگونه یک شاخص عملکردی[۴] پایش و روند یابی[۵] برای اندازه گیری کمّیِ عملکرد قابلیت اطمینان خود ایجاد کنید.

---

[۱] National Aeronautics and Space Aministration

[۲] Federal Drug Administration

[۳] flavor of the day

[۴] performance indicator

[۵] monitoring and trending

۳-۲۳- خلاصهٔ فصل

ما در این فصل موارد زیادی را پوشش داده ایم. حتّی اگر شما برخی از تخصص های RCM را داشته باشید، مفاهیم خاصی که در اینجا مورد بحث قرار گرفته برای شما کاملاً جدید است. اگر شما فرد یک تازه کار در زمینهٔ RCM هستید، همهٔ این مفاهیم برای شما جدید خواهد بود. پس بیایید آنچه را که تاکنون دربارهٔ این مفاهیم و اصول مهم RCM آموخته ایم، خلاصه کنیم.

- برای یک برنامهٔ RCM سه مرحله وجود دارد. اولین مرحله، تعریف گروه تجهیزاتی است که بخشی از برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما خواهد بود. مرحلهٔ بعدی مشخص کردن فعالیت های PM برای گروه های شناسایی شده است. مرحلهٔ سوم اجرای فعالیت های تعیین شده است.
- RCM یک تجزیه و تحلیل تک- خرابی است به جز زمانی که خرابی منفرد، پنهان باشد. سپس به یک تجزیه و تحلیل چند-خرابی تبدیل می شود.
- هنگامی که یک تجهیز برای انجام کارکرد خود مورد نیاز است و وقوع خرابی برای پرسنل عملیات (اپراتورها) آشکار نیست- یعنی عملیات کلی فوریِ سیستم درحالت عادی یا تقاضای عملیات بی تأثیر باقی می ماند- سپس خرابی به عنوان پنهان تعریف می شود.
- یک تجزیه و تحلیل چند-خرابی زمانی مورد نیاز است که وقوع یک خرابیِ منفرد، پنهان باشد. پرداختن به حالت های خرابی پنهان یکی ازجنبه های کلیدی برای دستیابی به قابلیت اطمینان کارخانه است.
- خرابی تجهیزات حیاتی بلافاصله آشکارمی شود و پیامد ناخواستهٔ این خرابی فوری است.
- خرابی تجهیزات بالقوه حیاتی، بلافاصله آشکار نمی شود و هیچگونه پیامد فوری به بار نمی آورد. آنها خرابی های پنهان هستند و به وسیلهٔ خرابی چندگانه یا در طول زمان یا رویدادهای آغازگر دیگر به تجهیزات حیاتی تبدیل می شوند.
- تجهیزات بالقوه حیاتی حلقهٔ مفقوده در RCM هستند. آنها کلید موفقیت در قابلیت اطمینان هستند.
- تجزیه و تحلیل تجهیزات بالقوه حیاتی، احتمالاً بیشترین درجهٔ محافظت را در برابر یک فاجعهٔ بزرگ درکارخانهٔ شما ارائه می دهد.
- آزمایش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه باید در سطح تجهیز انجام شود و نه صرفاً در سطح سیستم یا زیر سیستم.
- اکثریت قریب به اتفاق سناریوهای مربوط به کشف آسیب پذیری های بالقوهٔ کارخانه می تواند بسیار آسان با یک فعالیت PM مکمل اضافه شده به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه حل و فصل شود. نیاز به تغییر طراحی استثنائی بر قاعده است.

- تجهیزات مرتبط با سیستم های ایمنی آماده به کار مانند برق پشتیبان اضطراری، حفاظت در برابر آتش، خنک کنندهٔ اضطراری و سیستم های دیگر از این قبیل که در حالت عادی مورد استفاده قرار نمی گیرند، باید درحالت عملیاتی یا تقاضای آنها تجزیه و تحلیل شوند؛ یعنی تجزیه و تحلیل فقط با این فرض می تواند انجام می شود که سیستم ایمنی آماده به کار قابل اجرا برای کارکرد فراخوانده شود.
- تجهیزات تعهدآور با الزامات تعهدی مرتبط هستند و معمولاً به عنوان حیاتی یا بالقوه حیاتی دسته بندی می شوند.
- تجهیزات اقتصادی، هیچ پیامد ایمنی یا عملیاتیِ ناشی ازخرابی ندارند. خرابی آنها فقط منجر به هزینهٔ نیروی کار و یا مواد برای بازسازی یا جایگزینی آنها می شود.
- تجهیزات یا سیستم های کارکرد-تا-خرابی باید از «قانون کانُن» پیروی کنند، همانطورکه در بخش۳-۸ و فلسفهٔ RTF نشان داده شده در شکل ۳-۹-ب تعریف شده است. کارکرد-تا-خرابی یک مفهوم بسیار بد فهمیده شده است.
- نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ اصلاحی، بخشی جدایی ناپذیر از تصویر بزرگتر یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است.
- ناهنجاری های مربوط به هر یک از مفاهیم RCM فرصتی را برای تجهیز فراهم می کنند که جلب توجه کند و برای ارزیابی بیشتر و ارزیابی اینکه آیا تجهیز حتی در کارخانه مورد نیاز است، مورد توجه قرار گیرد.
- بین تجهیزات افزونه، آماده به کار و پشتیبان تفاوت هایی وجود دارد.
- نمونه هایی معمولی از دسته بندی تجهیزات در شکل ۳-۱۴ نشان می دهد که چگونه تفاوت های ظریف در طراحی یک سیستم و اینکه آیا نشانهٔ خرابی به صورت جداگانه آشکار است یا خیر، می تواند منجر به دسته بندی های بسیار متفاوت شود.
- استراتژی های دفاعی یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شبیه به استراتژیهای دفاعی یک تیم فوتبال هستند. هدف، محافظت از دارایی شما در برابر یک پیامد ناخواسته است.
- ایجاد و شناسایی مرزها و رابط ها، بخشی ضروری از فرایند RCM کلاسیک نیست.
- سطح تجهیز، جائی است که ما برای آن کارکردها را تجزیه و تحلیل می کنیم. قطعات مجزای تجهیزات (piece parts)، بخشی از فرایند هستند که ما برای علل خرابی تجزیه و تحلیل می کنیم(که در فصل ۶ مورد بحث قرار گرفته است). سطح تجهیز، جائی است که عدد شناسایی جداگانهٔ تجهیز (equipmenet I.D) مشخص می شود.
- COFA روش بسیار ساده تر، دقیق تر و فراگیرتری نسبت به فرمت FMEA یا FMECA برای شناسایی کارکرد تجهیزات و پیامدهای خرابی آنها است.

- کارکردهای تجهیزات مشابه را نمی توان با هم گروه بندی کرد. فعالیت های PM برای تجهیزات مشابه را می توان با هم گروه بندی کرد.

بعضی قواعد اضافی حاکم بر یک تجزیه و تحلیل RCM عبارتند از :

۱. هر گونه خرابی تجهیز که می تواند منجر به یک موضوع ایمنی پرسنل شود، همیشه حیاتی تلقی می شود.
۲. تجزیه و تحلیل RCM برای تجهیزات فعال[۱]قابل کاربرد است به جز در مواردی که تاریخچهٔ خرابی تجهیز یا دلایل موجه دیگری نشان دهد که آنها باید گنجانده شوند. تجهیزات غیرفعال[۲]شامل مواردی مانند تجهیزات سازه ای یا صفحات فلزی، منافذ جریان سیال و توری کف[۳] می شود. سایش ضخامت دیوارهٔ لوله ها توسط برنامه هایی مانند تجزیه و تحلیل خوردگی ناشی از شتاب جریان سیال[۴] (FAC) پوشش داده می شود. نگهداری و تعمیرات اجزاء سازه ای توسط برنامه های بازرسی سازه ای جداگانه پوشش داده می شوند.
۳. شیرهای دستی معمولاً در تجزیه و تحلیل گنجانده نمی شوند مگر اینکه سوابقی از نیاز شیر به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه دوره ای وجود داشته باشد یا اگر شیر به عنوان یک تجهیز پشتیبان یا آماده به کار برای یک تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی عمل می کند.
۴. کاربرد RCM برای تجهیزات ابزاردقیق در فصل ۷ مورد بحث قرار گرفته است.
اکنون به برخی از ابزارهایی که برای شروع تجزیه و تحلیل به آن نیاز دارید، نگاهی می اندازیم.

[۱] active
[۲] passive
[۳] floor grating
[۴] flow accelerated corrosion

فصل ۴ : پیاده سازیRCM : آماده سازی و ابزارها[۱]

در این فصل، شما با ابزارها و آماده سازی های مورد نیاز برای شروع تجزیه و تحلیل خود آشنا خواهید شد. ابزارها شامل صفحات گسترده ساده ای است که من مخصوصاً برای حفظ جریان سادهٔ منطق برای تجزیه و تحلیل طراحی کرده ام. خودِ تجزیه و تحلیل و تمام توضیحات مفصل برای منطق تجزیه و تحلیل در فصل های ۵ و ۶ ذکر شده است.

شبیه نجارهایی که باید همهٔ ابزارهای خود را قبل از شروع به ساخت یک پروژه داشته باشند، شما نیز به مقداری ابزارRCM نیاز دارید. همچنین مانند نجارها، شما می توانید از ابزارهایی بسیار ساده یا بسیار پیچیده و گران قیمت استفاده کنید. این فصل، شما را با همهٔ این ابزارها آشنا می کند، امّا انتخاب با شماست که تصمیم بگیرید از چه ابزاری استفاده کنید. به یاد داشته باشید که معمولاً ابزارهای ساده به همان خوبیِ ابزارهای گرانقیمت کار را انجام می دهند. با این حال، خواهید دید که هر چقدر تأسیسات شما بزرگتر و پیچیده تر باشد، و هر چقدر شما شناسه های تجهیزات (I.D.) منحصر به فرد بیشتری داشته باشید، به ابزار پیچیده تری نیاز خواهید داشت.

به عنوان مثال، یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل و یک سیستم پر کنندهٔ کارتکس ۳ در ۵[۲] ممکن است برای یک نیروگاه هسته ای مناسب نباشد، امّا برای یک تأسیسات تولیدی کوچک تا متوسط کاملاً مناسب باشد. پیچیدگی ابزارهای مورد استفاده برای ذخیره و بازیابی داده ها نیز صرفاً به نیازهای شما و پیچیدگی و اندازهٔ تأسیسات شما بستگی دارد. اگر کارخانهٔ شما تحت نظارت یک آژانس نظارتی است، ممکن است مجبور شوید اقدامات برنامهٔ نگهداری و تعمیرات خود را برای ناظران مربوطه توجیه کنید، برای نشان دادن اینکه چگونه به تصمیمات خود رسیده اید؛ بنابراین، احتمالاً به یک سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات کامپیوتری[۳] پیچیده تر و پشتیبانی از سازمان فن آوری اطلاعات[۴](IT) خود نیاز خواهید داشت. الزامات داخلی برای مدیریت داده ها در کارخانهٔ شما توسط دانش و تجربهٔ شما تعیین خواهد شد، که در نهایت سطح پیچیدگی مورد نیاز شما را ایجاد خواهد کرد.گزینه های مختلفی بعداً در این فصل مورد بحث قرار می گیرد.

۴-۱-آماده سازی

برای آماده شدن جهت فرایندِ پیاده سازی که در فصل های ۵ و ۶ شرح داده شده است، توصیه می کنم که شما یک نقطهٔ تماس منفرد[۵] (SPOC) یا یک قهرمان RCM یا یک هماهنگ کننده برای جمع آوری نمایندگان

[۱] Preparation and Tools
[۲] ۳-by-۵ index card filing system
[۳] CMMS
[۴] information technology
[۵] single point of contact

RCM از واحدهای نگهداری و تعمیرات، بهره برداری و مهندسی اختصاص دهید. نمایندگان صنعت گر، نیز باید از اعضای تیم باشند. این نمایندگان، می توانند بسته به نیازهای خاص دانش در آن زمان، از بخش های مختلف جایگزین شوند. همهٔ اعضاء نیاز خواهند داشت که بدانند هدف شما چیست و چگونه برای رسیدن به آن برنامه ریزی می کنید. فرایند پیاده سازی شرح داده شده در فصل های ۵ و ۶ باید توسط نمایندگان بخش ها به خوبی درک شود. هماهنگ کنندهٔ RCM شما، نیازی به آموزش تسهیل گری یا تخصص خاصی در زمینه RCM ندارد. با این حال، او باید توانایی درک «پیاده سازی *RCM* به زبان ساده» را داشته باشد و یک سرگروه پر شور برای دیگران باشد. هماهنگ کنندهٔ RCM، همچنین باید منطق **COFA** را درک کند و قادر باشد آن را برای دیگر اعضای تیم توضیح دهد.

من **COFA** را به عنوان جنبهٔ اساسی محوری از «پیاده سازی *RCM* به زبان ساده» ایجاد کردم. من این کار را انجام دادم تا ده ها تجهیزات بتوانند در مدت زمان کوتاهی تجزیه و تحلیل شوند. اگر نمایندگان تیم یک بار در روز به مدت دو تا سه ساعت یا حتّی بیشتر ملاقات می کردند، یا اگر تیم می توانست به مدت یک هفته بدون وقفه به خارج از سایت برود تا صدها و شاید هزاران تجهیز را در هر هفته تجزیه و تحلیل کند، شما متوجه می شدید که می توانید COFA را در یک زمان نسبتاً کوتاه، از چند هفته تا چند ماه، مشخصاً بسته به اندازهٔ تأسیسات خود و تعداد تجهیزاتی که دارید، تکمیل کنید. بیشتر برنامه های RCM با توجه به تعداد سال هایی که برای تکمیل برنامه زمان می برند، سنجیده می شوند. عنصر زمان، برای تکمیل یک تجزیه و تحلیل RCM که بر حسب سال اندازه گیری می شود نه تنها نامناسب است بلکه غیر قابل قبول است.

هنگامی که نمایندگان عضو انتخاب شدند و بیانیهٔ مأموریت[۱] به طور کامل مورد بحث قرار گرفت، برخی از عناصر اساسی وجود دارند که یک نیاز مطلق هستند.

۴-۲- عناصر متوالیِ[۲] مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل

چه شما یک تأسیسات کوچک داشته باشید، چه یک تأسیسات متوسط و چه تأسیساتی پیچیده و بزرگ، یک رویکرد منطقی برای شروع تجزیه و تحلیل شما در زیر ارائه می شود. این رویکرد از عناصر متوالی زیر تشکیل می شود :

۱- یک پایگاه دادهٔ الفبایی عددی[۳]جامع برای تجهیزات باید ایجاد شود.

۲- همهٔ منابع اطلاعاتی مربوطه باید در دسترس باشد.

۳-یک قرارداد توصیفی برای تعیین کارکردها و خرابی های کارکردی باید مشخص شود.

---

[۱] mission statement

[۲] **Sequential Elements**

[۳] alphanumeric

۴-یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل (یا در صورت تمایل یک نرم افزار پیچیده تر RCM) برای COFA باید در دسترس باشد. نمونه ای از کاربرگ اکسل COFA در شکل ۴-۲ نشان داده شده است و بعداً در این فصل مورد بحث قرار می گیرد.

۵-یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل برای فعالیت های PM (یا در صورت تمایل یک نرم افزار پیچیده تر RCM) باید در دسترس باشد. نمونه ای از کاربرگ فعالیت های PM در شکل ۴-۳ نشان داده شده است و بعداً در این فصل مورد بحث قرار می گیرد.

۶-یک کاربرگ اکسل برای ارزیابی اقتصادی باید در دسترس باشد. یک مثال در شکل ۴-۴ نشان داده شده است و بعداً در این فصل مورد بحث قرار می گیرد.

بیایید به هر یک از این ها موارد با جزئیات نگاهی بیندازیم .

۴-۲-۱-یک پایگاه دادهٔ الفبایی- عددیِ ساده امّا جامع برای شناسهٔ تجهیز

این پایگاه داده باید از قبل در دسترس باشد امّا اگر نیست، باید در دسترس قرار گیرد. شما باید با پایگاه داده شروع کنید. تمام تجهیزات موجود در کارخانهٔ شما باید در نقشه های طراحی کارخانه[۱]، نقشه های P&ID[۲] ، نمودارهای تأسیسات[۳]، نقشه های الکتریکی[۴]، کتابچهٔ راهنمای عملیات سیستم[۵]، کتابچهٔ راهنمای آموزش[۶] و غیره گنجانده شود. همانطور که ما در فصل های ۲و ۳ یاد گرفتیم، مرزهای سیستم و رابط ها برای تجزیه و تحلیل ضروری نیستند؛ با این اوصاف، تجهیزات شما معمولاً در نوعی از یک فرمت سیستمی گنجانده می شوند. اگر شما این قابلیت را دارید و ترجیح می دهید که شناسه های تجهیزات خود را توسط یک سیستم شماره برچسب[۷] مرتب (sort) کنید، و اگر احتمالاً بخواهید عملکرد خود را در یک سیستم مشاهده کنید، این قابلیت مرتب سازی مفید خواهد بود. در فصل ۹ ، ما یک برنامهٔ نظارت و روند یابی را برای انجام این کار توسعه می دهیم. با این حال، به خاطر داشته باشید که این در سطح تجهیز است که هر گونه سؤالی مربوط به تجزیه و تحلیل مطرح می شود.

بنابراین، برخی از انواع برچسب گذاری توسط سیستم مفید است امّا اگر تأسیسات شما به این روش طراحی نشده باشد و تلاش برای ایجاد یک سیستم سادهٔ گردآوری شناسه های تجهیزات خیلی زیاد باشد، زمان و

---

[۱] plant design drawings
[۲] piping and instrumentation drawings
[۳] facility schematics
[۴] electrical drawings
[۵] system operating manuals
[۶] training manuals
[۷] tag number

تلاش خود را برای ایجاد آن صرف نکنید. تجزیه و تحلیل نیازی به آن ندارد زیرا مرزهای سیستم و رابط ها مورد نیاز نیستند. فقط یک پایگاه دادهٔ الفبایی عددیِ جامع برای شناسهٔ تجهیزات مورد نیاز است.

تجربهٔ من نشان داده است که هر زمان سؤالی در ارتباط با تجزیه و تحلیل RCM پیش بیاید، همیشه در سطح تجهیز است. سؤالی که عموماً مطرح می شود این است که «دسته بندی تجهیز WYZ چیست؟» یا «چرا تجهیز WYZ به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور، اقتصادی یا RTF دسته بندی شده است ؟» . هیچ دسته بندی در سطح سیستم وجود ندارد و هر گونه الزامی به بازیابی داده های تجزیه و تحلیل نسبت به حالت های خرابی و پیامدهای خرابی همواره توسط شناسهٔ تجهیز هستند. این یکی از دلایل اصلی است که من COFA را توسعه دادم.

یک پرسش جالب که اغلب مطرح می شود مربوط به یک جعبهٔ سیاه الکترونیکی[۱] است، مانند یک کنترل کننده یا یک منبع تغذیه، که دارای تعداد زیادی قطعهٔ الکترونیکی از جمله ریز تراشه ها، دیودها، مقاومت ها و انواع بردهای مدار است. اگر چه روش های تست بسیار خوبی برای یک جعبهٔ سیاه الکترونیکی به عنوان یک تجهیز مجزا وجود دارد، هنوز هم این احتمال وجود دارد که یک قطعهٔ الکترونیکی بدون هرگونه هشدار قبلی خراب شود. با این حال، انجام یک تجزیه و تحلیل RCM جداگانه روی هزاران قطعهٔ الکترونیکیِ داخلی یک جعبهٔ سیاه عملی نیست. با این حال، اگر شما سابقهٔ یک خرابی برای یک قطعهٔ خاص را دارید، مانند یک خازن الکترولیتی خاص در یک جعبهٔ سیاه، باید جایگزینی آن خازن را از طریق یک PM مرتبط با زمان بگنجانید. همین منطق برای سایر قطعات یا تجهیزات غیر فعال اعمال می شود. اگر آنها سابقهٔ پیامد خرابی خود را دارند، گنجاندن آنها را در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات خود همواره عادلانه است.

در این نقطه از تدوین پایگاه دادهٔ تجهیزات، به یاد داشته باشید که مهم است که هیچ شناسهٔ تجهیزی نادیده گرفته نشود، صرفنظر از اینکه شما در ابتدا درمورد حیاتی بودن آن چه فکری می کنید. تجزیه و تحلیل COFA این موضوع را مشخص خواهد کرد. کاملاً رایج است که COFA یک تجهیز را به طور قابل توجهی مهم تر از آن چیزی که شما تصور می کردید، نشان دهد در حالی که آن تجهیز می توانست به راحتی نادیده گرفته شود. یادآوری دیگر این است که RCM یک گزینهٔ گلچین کردن[۲] نیست. هر تجهیز و هر کارکرد تجهیز باید تجزیه و تحلیل شود. تجزیه و تحلیل خود را با کالبدشکافی برنامهٔ PM موجود خود شروع کنید و سپس برای توجیه اینکه کاری که در حال حاضر انجام می دهید، RCM کلاسیک نیست، تلاش کنید. در واقع، آن شکلی از RCM نیست.

پایگاه دادهٔ تجهیزات باید فقط اجزاء در سطح تجهیز را شامل شود، جایی که یک عدد شناسهٔ خاص اختصاص داده شده است، مانند شیر، موتور، پمپ یا کمپرسور. قطعات بخشی از این پایگاه دادهٔ الفبایی عددی شناسهٔ

---

[۱] electronic black box

[۲] pick-and-choose option

تجهیزات نیستند. قطعات مهم هستند و باید در یک لیست تجهیزات اصلی گنجانده شوند امّا آنها در سطحی نیستند که کارکردهای تجهیز مشخص می شوند و بنابراین بخشی از پایگاه دادهٔ شناسهٔ تجهیزات نیستند . قطعات در فصل ۶ مورد بحث قرار گرفته است .

۴-۲-۲- منابع اطلاعات

بسته به سطح تحقیقاتی که نیاز دارید، ممکن است بخواهید منابع زیر را جمع آوری کنید: نگهداری و تعمیرات قابل اجرا[۱]، رویه های عملیات و مهندسی[۲]، دستورالعمل های آموزشی[۳]، راهنماهای مطالعه[۴]، اسناد مربوط به طراحی[۵]، کتابچهٔ راهنمای فروشنده[۶]، بولتن های فنی، نقشه ها و نمودارهای تجهیزات کارخانه، نمودارهای الکتریکی، P&ID و غیره . منابع اطلاعاتی باید حاویِ اطلاعات لازم برای تعیین کارکردهای تجهیز باشد و توانایی مشخص کردن این موضوع را داشته باشد که در صورت خرابی کارکردی تجهیز، پیامدهای خرابی در سطح سیستم و کارخانه چه خواهد بود. علاوه بر نقشه های طراحی متنوع خود، نمودارهای کارخانه و سایر منابع، تخصص و دانش پرسنل نگهداری و تعمیرات، عملیات و مهندسیِ شما، داده های ورودی با ارزش بیشتری به این عنصر ارائه خواهد داد.

بسیاری از صنایع داده های قابلیت اطمینان تجهیزات را با یکدیگر به اشتراک می گذارند. اگر صنعت شما داده های خرابی درمورد انواع مشابه تجهیزات را به اشتراک می گذارد، منبع بسیار خوبی برای به دست آوردن اطلاعات است. این منبع اطلاعاتی، شامل حالت های خرابی و علل خرابی برای تجهیزات مشابهی است که در تأسیسات خود دارید امّا ممکن است هنوز آن حالت های خرابی را تجربه نکرده باشند.

۴-۲-۳- ایجاد توافق نامه و قواعد کاری[۷]

COFA ایجاب می کند که شما حالت های مختلف خرابی را برای خرابی های کارکردی تعریف کنید. برای ساده کردن شیوهٔ بیانِ حالت های خرابی، توصیه می کنم که قواعد کاری خود را ایجاد کنید. منظورم این است که اگر یک شیر باز نشود، ممکن است به صورت «شیر در وضعیت بسته خراب است» نوشته شود. مهم نیست که شما از چه قواعدی استفاده می کنید، امّا باید یکی را انتخاب کنید و برای اجتناب از سردرگمی به آن پایبند باشید.

---

[۱] applicable maintenance
[۲] operations and engineering procedures
[۳] training manuals
[۴] study guides
[۵] design basis documents
[۶] vendor manuals
[۷] Establishing convention

به عنوان مثال، اگر شما عبارت «شیر در وضعیت باز خراب است» را انتخاب می کنید، این عبارت سه حالت را پوشش می دهد : (۱) شیر در وضعیت باز خراب است (۲) شیر از نظر ماندن در وضعیت بسته خراب است و (۳) شیر بسته نمی شود. همانطور که می توانید ببینید، پایبندی به همان توافق نامه تجزیه و تحلیل شما را شفاف تر و ساده تر می سازد. بیشتر توافق نامه ها در کاربرد عمومی در واژه نامهٔ انتهای این کتاب تحت عنوان «توافق نامه ها»[۱] آمده است.

۴-۲-۴-ایستگاه های کاری تخصصی و نرم افزار[۲]

اگر شما جمعیت قابل توجهی از تجهیزات مانند یک خط مونتاژ خودرو، یک کارخانهٔ پتروشیمی بزرگ، یک پالایشگاه نفت، یک کارخانهٔ کاغذ سازی، یک تأسیسات بزرگ هوافضا یا یک مرکز تولید کامپیوتر برای مدیریت کردن دارید، ایستگاه های کاری تخصصی و سیستم های CMMS موجود در بازار برای کمک به مدیریت داده ها در دسترس هستند. ابزارهای RCM مبتنی بر کامپیوتر[۳] نیز وجود دارند که داده های شما را ذخیره می کنند و برعملکرد تجهیزات شما نظارت می کنند. همهٔ شناسه های تجهیزات را می توان در این برنامه های نرم افزاری بارگذاری کرد و آنها مقدار پرسنل کاریِ مورد نیاز فعالیت های PM را برنامه ریزی می کنند، بر معیارهای عملکردی تجهیزات نظارت می کنند، شاخص های کلیدی عملکرد (KPI) را پیگیری می کنند، و تعیین می کنند که چه زمانی در نتیجهٔ محدودیت های خطر یا هشداری که بر پارامترهای از پیش تعیین شدهٔ تجهیزات نظارت می کنند، باید به تجهیزات خاص رسیدگی شود.

بسیاری از تأسیسات، در حال حاضر پایگاه داده های مختلفی برای دسترسی آسان و قابلیت بازیابی تمام جنبه های دادهای خود دارند. برای این تأسیسات، این موضوع یک الزام اجرایی حیاتی است که تضمین می کند اطلاعات فوری به راحتی از همهٔ پایگاه های دادهٔ ضروری قابل دسترسی و بازیابی باشد تا برای زمان بندی، نظارت، روندیابی، مستند سازی یا تجزیه و تحلیل داده های قابلیت اطمینان مورد استفاده قرار گیرد. چندین برنامهٔ نرم افزاری وجود دارد که برای کمک به مدیریت این کار در بازار موجود هستند. برای تأسیسات کوچکتر و متوسط، یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل ابزاری عالی است و به خوبی کار خواهد کرد.

اغلب اوقات، مدیریت یک تأسیسات تصمیم می گیرد که با منابع برنامه نویسی داخلیِ موجود، نرم افزار RCM خود را توسعه دهد که برای نیازهای خاص آنها سفارشی شده است. این روش، یک روش کارآمد برای ایجاد یک پایگاه دادهٔ RCM است زیرا هر تغییر در فرمت را می توان به صورت داخلی با افراد خودی انجام داد و اتکا به مشاوران خارجی مورد نیاز نیست. تصمیم گیری برای توسعهٔ نرم افزار خود یا خرید نرم افزار پیش

[۱] Conventions
[۲] Specialized workstations and software
[۳] computer-based RCM tools

ساخته[1] کاملاً به هزینه و میزان آزادی عمل و کنترلی که می خواهید بر روی برنامهٔ خود داشته باشید، بستگی دارد.

۴-۲-۵- صفحهٔ گستردهٔ COFA در مقابل FMEA

COFA را می توان در ساده ترین فرمت خود تکمیل کرد که یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل است، یا اگر ترجیح می دهید، می توانید آن را در یک برنامهٔ نرم افزاری رسمی تر جا دهید. منطق کار به همین شکل باقی می ماند.کاربرگ COFA، یکی از ابزارهایی است که وقتی اجرای تجزیه و تحلیل را آغاز کنیم، از آن استفاده خواهید کرد. فرایند واقعی اجرا و نحوهٔ تکمیل COFA با استفاده از مثال هایی به طور کامل در فصل ۵ توضیح داده شده است.

اگر شما تفاوت های بین شکل های ۴-۱ و ۴-۲ را به دقّت بررسی کنید، متوجه خواهید شد که چرا من COFA را ایجاد کردم و خواهید دید که چقدر ساده تر و دقیق تر از FMEA سفارشی است. با نگاهی به FMEA در شکل ۴-۱، خواهید دید که باید با یک سیستم شروع کنید و سپس کارکردها را برای هر زیرسیستم جداگانه تعریف کنید. سیستم ها و زیرسیستم ها باید تقسیم بندی شوند و از شما خواسته می شود که فرایند دست و پاگیرِ شناسایی مرزها و صدها نقطهٔ رابط را برای هر سیستم ایجاد کنید.

[1] software off the shelf

	A	B	C	D	E	F	G	H
۱								
۲								
۳	سیستم تجزیه و تحلیل شده:							
۳	زیر سیستم تجزیه و تحلیل شده:							
۵								
۶								
۷	تعریف همه کارکردهای زیر سیستم	تعریف خرابی های کارکردی زیر سیستم برای هر کارکرد	تعریف حالت های خرابی غالب تجهیز برای هر خرابی کارکردی	تعیین شناسه های تجهیز مرتبط با حالت های خرابی غالب	آیا وقوع خرابی آشکار است؟	تعریف اثرات خرابی برای هر حالت خرابی	تعریف اثرات روی کارخانه	تعریف دسته بندی تجهیز
۸								
۹								
۱۰								
۱۱								
۱۲								
۱۳								
۱۴	انجام دهندهٔ تجزیه و تحلیل :							
۱۵	تاریخ:							

شکل ۴-۱-کاربرگ تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی (FMEA)

در ستون A از FMEA، تمام کارکردهای زیر سیستم ها برای هر سیستم باید تعریف شود. این یک فرایند سرراست نیست زیرا هیچ ابزار کنترل عملی برای به دست آوردن همهٔ کارکردها بر اساس سیستم و زیرسیستم وجود ندارد. این کار مستلزم تحقیقات زیادی است و هیچ تضمینی وجود ندارد که شما همهٔ آنها را به دست آورده باشید. دستورالعمل های عملیاتی، راهنماهای آموزشی، گزارش های تجزیه و تحلیل ایمنی، اسناد طراحی و موارد مشابه تنها بخشی از منابعی هستند که شما نیاز خواهید داشت. در ستون B، شما باید خرابی های کارکردی زیرسیستم ها را شناسایی کنید.

در ستون C از FMEA، شما باید حالات خرابی غالب تجهیزات را برای خرابی های کارکردی تعریف کنید. سپس در ستون D از FMEA، باید شناسه های کاربردی تجهیزات مرتبط با آن حالت های خرابی غالب[۱] که در ستون C تعریف شده را شناسایی کنید. باز هم هیچ بررسی عملی یا تعادلی برای شناسایی همهٔ تجهیزاتی که ممکن است منجر به خرابی های کارکردی از قبل مشخص شده شوند، وجود ندارد. همانطور که در فصل۳ اشاره کردم، پس از تکمیل FEMA غیر معمول نیست-حتّی برای تحلیلگران کارآزمودهٔ[۲] RCM-که با تجهیزات سرگردان و ازقلم افتاده ای مواجه شوند که در زمان شناسایی کارکردهای سیستم در نظر گرفته نشده اند.

همچنین اجتناب ناپذیر است که شناسه های تجهیزات مشابه به صورت تکراری برای کارکردهای مختلف سیستم یا زیر سیستم شناسایی شوند. تاکنون، فرمت FMEA (یا FMECA) تنها گزینه ای بوده است که می توان از آن برای یک برنامهٔ RCM کلاسیک استفاده کرد. به همین دلیل است که من COFA را ایجاد کردم. فرمت COFA همهٔ عناصر FMEA را دارد، امّا ویژگی های اضافی را شامل می شود که آن را فراگیر می سازد، به طوری که استفاده و درک آن بسیار آسان تر است و در نتیجه چیزهای زیادی را برای تجزیه و تحلیل دقیق تر فراهم می کند.

بیایید به COFA در شکل ۴-۲ نگاهی بیندازیم. مرزها و رابط های سیستم و زیر سیستم مورد نیاز نیستند زیرا تجزیه و تحلیل درسطح تجهیز انجام می شود. توجه داشته باشید که تجهیزات در COFA در ستون A درست در ابتدا تعیین می شوند. سپس کارکردها و خرابی های کارکردی در سطح تجهیز برای هر تجهیز تعریف می شوند. برخلاف FMEA، با COFA شما نیازی ندارید که کشف و تحقیق کنید کدام تجهیزات مسؤول خرابی کارکردی در سطح سیستم و زیر سیستم هستند، زیرا قبلاً آنها را در ابتدا شناسایی کرده اید. شناسایی کارکردهای یک تجهیز معین کار دشواری نیست. هنگامی که شما از قبل می دانید که تجهیز چیست، شناسایی کارکردهای آن تجهیز بسیار آسان تر است، به جای شروع در سطح انتزاعی ترِ تعریف کارکردها در سطح سیستم و زیر سیستم و سپس درک چگونگی بازسازی تجزیه و تحلیل با مشخص کردن اینکه چه تجهیزی آن معیار خرابی کارکردی را برآورده می کند.

---

[۱] dominant component failure modes

[۲] seasoned RCM analysts

همانطورکه قبلاً ذکر شد ، هرگونه سؤال در مورد تجزیه و تحلیل به هر حال همیشه در سطح تجهیز است، که دلیل دیگری است که من COFA را توسعه دادم. حتّی اگر کارکردهای تجهیز منحصر به فرد بیشتری نسبت به کارکردهای سیستم وجود داشته باشد، سادگی، وضوح و دقّت به دست آمده و منفعت حذف الزام به شناسایی مرزها و رابط ها ارزشش را دارد.

همانطورکه در فصل ۳ ذکر کردم، من ادعا می کنم که ارزش مشخص کردن خرابی های کارکردی مورد تردید است زیرا در واقع خرابی های کارکردی دقیقاً بر عکس کارکردها هستند. به عنوان مثال، اگر کارکرد «تأمین آب برای هِدِر پاشش[۱]» باشد، سپس خرابی کارکردی به صورت «شکست در فراهم نمودن آب برای هِدِر پاشش» نوشته می شود. از آنجا که خرابی کارکردی دقیقاً برعکس کارکرد است، هیچ ارزش قابل توجهی اضافه نمی کند. پس از تعریف کارکرد، آنقدرها هم مشکل نیست که مستقیماً به ستون C از COFA برویم و حالت های خرابی غالب را برای آن کارکردها تعریف کنیم. با این حال، من به دو دلیل تعریف خرابی های کارکردی را گنجانده ام. این کار ارزش بسیار حاشیه ای شفافیت را به فرایند اضافه می کند، و SAE آن را در استانداردهای خود گنجانده است. با این حال، گنجاندن پر حرفی به خرابی های کارکردی ارزش قابل توجهی را به تجزیه و تحلیل اضافه نمی کند.

به طور مشابه، تعریف اثرات خرابی در سطح سیستم برای هر حالت خرابی واقعاً بخش با ارزش افزودهٔ قابل توجهی از این فرایند نیست زیرا پیامد خرابی در سطح کارخانه است که اهمیت دارد. با این حال، من اثرات سیستم را به عنوان یک عنصر اطلاعات گنجانده ام زیرا پی برده ام که این دانش شناسایی اثرات کارخانه را کمی واضح تر می کند. بعضی از برنامه های RCM حتی اثرات را در سطح محلی تعیین می کنند که ارزش ناچیزی دارد.

در COFA، من به صراحت در ستون G مشخص کرده ام که پیامد خرابی بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان دارایی است که شما برقرار می کنید. پیامدهای قابلیت اطمینان دارایی شامل پیامدهای در سطح کارخانه و هر پیامد دیگری است که شما مهم تلقی می کنید، مانند حادثه ای که منجر به تبلیغات نامطلوب شود، یک مسألهٔ قانونی و یا یک مسألهٔ زیست محیطی. انتخاب معیارهای قابلیت اطمینان دارایی شما در فصل ۵ مورد بحث قرار گرفته است.

فصل ۵ همچنین منطق حاکم بر تکمیل هر ستون از کاربرگ COFA را توضیح می دهد. به یاد داشته باشید که هیچ چیز غلطی در مورد استفاده از FMEA وجود ندارد و اگر شما فرمت FMEA را ترجیح می دهید، آن فرمت روشی قابل قبول برای انجام تجزیه و تحلیل شما است. انتخاب با شماست.

[۱] injection header

	A	B	C	D	E	F	G	H
۱								
۲								
۳								
۴	شناسه و تعریف تجهیز	تعریف همهٔ کارکردهای تجهیز	تعریف راههایی که هر کارکرد به شکست می انجامد	تعریف حالت های خرابی غالب تجهیز برای هر خرابی کارکردی	آیا وقوع حالت خرابی آشکار است؟ (توسط درخت منطقی **COFA** تعیین می شود)	تعریف اثرات خرابی برای هر حالت خرابی	تعریف پیامد خرابی بر اساس معیار قابلیت اطمینانی که شما تعیین کرده اید (توسط درخت منطقی **COFA** و راهنماهای **PC&ES** تعیین می شود)	تعریف دسته بندی تجهیز
۵								
۶								
۷								
۸								
۹	انجام دهندهٔ تجزیه و تحلیل :							
۱۰	تاریخ:							

شکل ۴-۲-کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA)

۴-۲-۶-کاربرگ فعالیت های PM [۱]

همانطور که در فصل ۳ آموختیم، مرحلهٔ ۲ از یک برنامهٔ RCM جایی است که ما فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را برای تجهیزاتی که در مرحلهٔ ۱ شناسایی کردیم، مشخص می نماییم زیرا آنها تجهیراتی بودند که به یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیاز داشتند. تجهیزات کارکرد-تا-خرابی PM ندارند. این ما را به کاربرگ فعالیت های PM می برد. برای فرمت یک کاربرگ فعالیت های PM اکسل به شکل ۴-۳ رجوع کنید. در این زمان، این شکل فقط برای آشنایی شما با فرمت آن نشان داده می شود زیرا یکی از ابزارهایی خواهد بود که در زمان آغاز اجرای تجزیه و تحلیل از آن استفاده خواهید کرد. فرایند واقعی انتخاب PM و نحوهٔ تکمیل کاربرگ فعالیت های PM با استفاده از مثال هایی در فصل ۶ توضیح داده شده است.

کاربرگ فعالیت های PM جایی است که ما در آن داده ها را برای همهٔ تجهیزاتی که به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی طبقه بندی شدند، وارد می کنیم. این تجهیزات باید یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه همراه با فعالیت های PM «قابل اجرا و مؤثر» مشخص شده داشته باشند. تنها استثناء برای حالت های خرابی ای است که قابل قبول نیستند. با این حال، حالت های خرابی غیر قابل قبول، بسیار نادر هستند زیرا تقریباً هر نوع خرابی می تواند رخ بدهد. حتّی اگر یک حالت خرابی قبلاً رخ نداده باشد، توجیه معتبری برای غیر قابل قبول خواندن آن نیست. من موافقم که برخورد یک شهاب سنگ و شاید انواع مشابه دیگری از رویدادهای فرضی، غیر قابل قبول در نظر گرفته شوند. هرچیزی کمتر از این به احتمال زیاد معتبر تلقی می شود.

برای رسیدگی به هر حالت خرابی یک یا چند فعالیت PM وجود دارد. بنابراین یک تجهیز واحد، اغلب دارای مجموعه ای متفاوت از انواع فعالیت های PM مرتبط با خود است. کاربرگ PM جایی است که در آن ما قطعات جزئی یا زیرمجموعه های تجهیزات را که دلایل معتبر خرابی هستند، معرفی می کنیم. دلایل خرابی، می تواند شامل خرابی بیرینگ، خرابی لولهٔ مبدل حرارتی، خرابی سیم پیچ موتور، خرابی پین لولای سوپاپ، خرابی آببند پمپ، خرابی محور پروانه[۲] و غیره باشد. فصل۶ انواع مختلف فعالیت های PM را تعریف می کند و هر ستون از کاربرگ فعالیت PM را به تفصیل توضیح می دهد. اگر شما یک تأسیسات نسبتاً بزرگ و پیچیده دارید، ممکن است بخواهید از برخی نرم افزارهای RCM موجود در بازار که قبلاً ذکر شده برای ذخیرهٔ این اطلاعات استفاده کنید. برای تأسیسات کوچکتر و متوسط که ترجیح می دهند هزینه های خود را به حداقل برسانند، کاربرگ فعالیت های PM اکسل همهٔ داده ها و ویژگی های مورد نیاز را دربردارد- اگرچه ممکن است به اندازهٔ آنهایی که در یک بستهٔ نرم افزاری شیک تعبیه شده اند پیچیده نباشند، به همان اندازه قوی هستند.

[۱] The PM task worksheet
[۲] impeller

	A	B	C	D	E	F	G
۱							
۲							
۳	توجه: کاربرگ فعالیت **PM** فقط برای آن تجهیزاتی قابل کاربرد است که به عنوان حیاتی ، بالقوه حیاتی ، تعهدآور یا اقتصادی دسته بندی شده اند.						
۴							
۵	شناسه و تعریف تجهیز (از **COFA**)	پیامدهای خرابی چیست؟ (از **COFA**)	تعریف هر حالت خرابی غالب تجهیز (از **COFA**)	تعریف علت قابل قبول خرابی برای هر حالت خرابی غالب	تعریف فعالیت **PM** قابل اجرا و مؤثر برای هر علت خرابی (از درخت منطقی **PM**)	تعریف فرکانس و بازه برای هر فعالیت **PM** (از درخت منطقی **PM**)	آیا یک تغییر طراحی توصیه می شود؟
۶							
۷							
۸							
۹							
۱۰							
۱۱	انجام دهندهٔ تجزیه و تحلیل :						
۱۲	تاریخ:						

شکل ۴-۳- کاربرگ فعالیت PM

۴-۲-۷- کاربرگ ارزیابی اقتصادی[۱]

همانطورکه اکنون آموختیم، تجهیزات اقتصادی هیچ پیامد ایمنی یا عملیاتی ناشی از خرابی خود ندارند. آنها فقط هزینهٔ پولی نیروی کار و یا مواد را به بار می آورند. اغلب این سؤال مطرح می شود که «چه آستانهٔ ارزش پولی به عنوان نقطهٔ سر به سر برای انجام یا عدم انجام یک PM باید استفاده شود؟».

این یک تصمیم ذهنی است و من برخی از راهنمایی ها را برای فرایند تصمیم گیری شما آورده ام. اساساً، این امر به هزینهٔ اقتصادی خرابی در مقابل هزینهٔ انجام یک PM برای جلوگیری از آن خرابی خلاصه می شود. اغلب اوقات هزینهٔ انجام یک PM بسیار بیشتر از مجاز دانستن خرابی یک تجهیز اقتصادی است. به یاد داشته باشید که تفاوت بین یک تجهیز اقتصادی و یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی در هزینهٔ مربوطه است. هیچ مسألهٔ ایمنی یا عملیاتی دیگری وجود ندارد.

برای در نظر گرفتن یک هم ارزی سر به سر، هر چیزی باید به صورت سالیانه محاسبه شود. به عنوان مثال، در یک موقعیت معمولی ساده، اگر برای جلوگیری از خرابی تجهیز فعالیت PM باید دو بار در سال انجام شود و هزینهٔ اجرایی برای هر بار انجام PM به طور متوسط ۵۰۰ دلار باشد، این معادل ۱۰۰۰ دلار درسال خواهد بود. فرض کنید تجهیز به طور میانگین یک بار در سال خراب شده است و هزینهٔ تعمیر یا تعویض آن ۱۰۰۰ دلار باشد. این امر منجر به هزینهٔ سالیانهٔ کل ۱۰۰۰ دلار برای تعمیر یا تعویض به علاوهٔ ۵۰۰ دلار برای هزینه های اجرایی CM خواهد شد(با فرض این که هزینهٔ اجرایی CM برابر با هزینهٔ اجرایی PM است)، که هزینهٔ کل ۱۵۰۰ دلار خواهد شد. بنابراین، هزینهٔ سالیانه برای نگهداری تجهیز ۱۰۰۰ دلار خواهد بود، امّا هزینه ای برابر ۱۵۰۰ دلار در سال خواهد داشت که اجازه دهیم تجهیز تا زمان خرابی کار کند. بنابراین، یک استراتژی PM در این مورد مناسب خواهد بود.

بدیهی است که این یک مثال ساده بود. نمونه های واقعی بسیار پیچیده تر هستند و متغیرهای زیاد دیگری باید درنظر گرفته شود، مانند: آیا هر بار که PM انجام می شود توقف مورد نیاز است؟ توقف تا کی ادامه خواهد داشت؟ هزینهٔ توقف برای این مدت چقدر خواهد بود؟ آیا تجهیز به راحتی برای کار در دسترس است؟ آیا داربست مورد نیاز خواهد بود؟ آیا برای مجوز کار بر روی تجهیز نیاز به قطع برق است؟ آیا مشکلات انبارداری وجود دارد؟ سایر هزینه های انبار چطور؟ آیا قطعات یدکی به راحتی دردسترس هستند؟ اگر تجهیزRTF باشد و در شیفت شب خراب شود، آیا پرسنل کافی برای تعمیرات مؤثر وجود خواهد داشت؟ آیا تعمیرات می تواند تا روز بعد منتظر بماند؟ و غیره ...

شکل ۴-۴ یک کاربرگ ارزیابی اقتصادی اکسل است که به شما کمک می کند یک نقطهٔ سر به سر برای ارزیابی خود مشخص کنید. بسیاری از مواقع، یک کارخانه مایل است یک ارزش پولی دلخواه مانند ۵۰۰ دلار انتخاب کند، به طوری که اگر هزینهٔ تعویض تجهیز کمتر از ۵۰۰ دلار باشد، آن تجهیز برای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در نظر گرفته نمی شود (مجدداً درصورت عدم وجود هر گونه ملاحظات ایمنی یا عملیاتی). همچنین متداول است که هزینهٔ اجرایی انجام یک فعالیت PM روتین محاسبه شود. این هزینه شامل زمان مورد نیاز برای برنامه ریزی و زمان بندی فعالیت، هزینهٔ

[۱] The economic evaluation worksheet

فرایند تشریفات اداری[1](که می تواند بسیار قابل توجه باشد)، هزینهٔ زمان پشتیبانی عملیات و غیره است. اگر سرجمع این هزینه های اجرایی بیش از هزینهٔ تعویض تجهیز باشد، ممکن است منطقی باشد که تجهیز به عنوان RTF درنظر گرفته شود (مجدداً در غیاب هرگونه ملاحظات ایمنی یا عملیاتی).

بعضی از فعالیت ها، مانند روانکاری روتین و تعویض روغن، ذاتاً توجیه پذیر و انجام آنها منطقی است و نیازی به ارزیابی اقتصادی بیشتر ندارند.

• هزینه PM

(الف) هزینه نفر ساعت نیروی کار:

هزینه نفرساعت نیروهای نگهداری و تعمیرات = نفر ساعت نیروی نگهداری و تعمیرات × هزینه هر نفر ساعت

هزینه نفر ساعت عملیات = نفر ساعت نیروی عملیات × هزینه هر نفر ساعت

سایر هزینه های نیروی کار = نفرساعت × هزینه هر نفر ساعت

هزینه کل نیروی کار در سال = تعداد PM ها در سال × هزینه هر PM

(ب) هزینه مواد اولیه PM :

هزینه مواد اولیه PM = تعداد PM ها در سال × هزینه هر PM

(ج) هزینه های متفرقه :

۱) هزینه اجاره تجهیزات = هزینه هر PM × تعداد PM ها در سال

۲) سایر هزینه های متفرقه = هزینه هر PM × تعداد PM ها در سال

هزینه متفرقه کل = هزینه هر PM × تعداد PM ها در سال

هزینه PM کل در سال = هزینه الف + هزینه ب + هزینه ج

توجه: اگر PM هر ۲ سال یکبار انجام شود ، تعداد PMها در سال ۰/۵ خواهد بود.

• هزینه RTF (کارکرد تا خرابی)

(الف) هزینه نفر ساعت نیروی کار:

۱) هزینه نفرساعت نیروهای نگهداری و تعمیرات = نفر ساعت نیروی نگهداری و تعمیرات × هزینه هر نفر ساعت رفع خرابی

۲) هزینه نفر ساعت عملیات = نفر ساعت نیروی عملیات × هزینه هر نفر ساعت رفع خرابی

۳) سایر هزینه های نیروی کار = نفرساعت × هزینه هر نفر ساعت رفع خرابی

هزینه کل نیروی کار در سال = تعداد خرابی ها در سال × هزینه رفع یک خرابی

(ب) هزینه مواد اولیه رفع خرابی :

هزینه مواد اولیه رفع خرابی = تعداد خرابی ها در سال × هزینه هر خرابی

(ج) هزینه های متفرقه :

۱) هزینه اجاره تجهیزات = هزینه هر خرابی × تعداد خرابی ها در سال

۲) سایر هزینه های متفرقه = هزینه هر خرابی× تعداد خرابی ها در سال

هزینه متفرقه کل = هزینه هر خرابی × تعداد خرابی ها در سال

هزینه کل رفع خرابی در سال = هزینه الف + هزینه ب + هزینه ج

توجه: اگر تجهیز هر ۳ سال یکبار خراب شود ، تعداد خرابی ها در سال ۰/۳۳ خواهد بود.

مقایسه هزینه

اگر هزینه های PM در سال بیشتر از هزینه های RTF در سال باشد، تجهیز RTF خواهد بود (در غیاب هر مسأله ایمنی یا عملیاتی).

اگر هزینه های PM در سال کمتر از هزینه های RTF در سال باشد، تجهیز بخشی از برنامه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خواهد بود.

شکل ۴-۴-کاربرگ ارزیابی اقتصادی

[1] the cost for processing the paperwork

۴-۳- خلاصهٔ فصل

- آمادگی برای اجرای تجزیه و تحلیل شامل انتخاب یک نقطهٔ تماس RCM و انتخاب نمایندگان واجد شرایط از عملیات، مهندسی، نگهداری و تعمیرات، و صنعتکاران مختلف می شود.
- یک پایگاه دادهٔ الفبایی عددی از تمام تجهیزات کارخانه مورد نیاز است.
- منابع اطلاعات برای تعیین کارکردهای همهٔ تجهیزات کارخانه و پیامدهای خرابی آنها مورد نیاز است.
- یک قرارداد برای تعریف حالت های خرابی باید برقرار شود.
- برای بیشتر تأسیسات، یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل همهٔ آن چیزی است که مورد نیاز است و ابزار انتخاب برای تکمیل تجزیه و تحلیل RCM تبدیل خواهد شد.
- کاربرگ COFA، کاربرگ فعالیت های PM، و کاربرگ ارزیابی اقتصادی همه در یک فرمت اکسل نمایش داده می شوند.
- ایستگاه های کاری پیچیده تر، سیستم های CMMS و نرم افزار برای تأسیسات بزرگتر و پیچیده تر در بازار موجود هستند.
- توسعهٔ داخلی نرم افزار توسط یک واحد فن آوری و اطلاعات داخلی IT نیز یک گزینه است.

این فصل به طور خلاصه به انواع ابزارهای صفحهٔ گسترده پرداخت که شما برای ادامهٔ تجزیه و تحلیل و ذخیرهٔ داده های تجزیه و تحلیل نیاز دارید. هر چیزی که ما دربارهٔ مفاهیم و اصول RCM و ابزارهای مورد نیاز آموختیم، ما را به این نقطه رسانده است.

اکنون بیایید به شروع واقعی یک تجزیه و تحلیل کلاسیک RCM نگاهی بیندازیم.

فصل۵ :RCM به زبان ساده- فرایند اجرا

این فصل شما را از طریق پیاده سازی فرایند RCM راهنمایی می کند. آنچه تاکنون آموخته ایم، بلوک های سازنده برای پیاده سازی فرایند بوده است و مانند فصل های قبلی، من فرایند پیاده سازی را به ترتیب می سازم که با عناصر ضروری آغاز می شود. این عناصر، نیاز به شناسایی معیارهای قابلیت اطمینان دارایی های شما را در بر می گیرد، که عبارتند از دارایی هایی که می خواهید حفظ و نگهداری کنید. سپس شما نیاز به شناسایی حالت های خرابی دارید که می خواهید از آنها جلوگیری کنید تا از هرگونه پیامد نامطلوبی که می تواند حفظ آن دارایی ها را تهدید کند اجتناب کنید. این کار از طریق COFA انجام می شود که گروهی از تجهیزات را که باید در یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه گنجانده شوند، شناسایی می کند. مشخص کردن انواع مختلف فعالیت های PM، ایجاد یک استراتژی فعالیت های PM، و تکمیل کاربرگ فعالیت های PM در فصل ۶ مورد بحث قرار گرفته است.

این تجربهٔ من بوده است که فرایند پیاده سازی می تواند بسیار دشوار و پردردسر شود یا می تواند عملاً راحت و بی دردسر شود و اگر نه بیش از روش دشوار اما درست به همان اندازه قوی باشد. بیشتر کتاب های RCM دربارهٔ ایجاد شبکه ای از تسهیل کننده ها[۱]، یک فرایند سخت گیرانهٔ پارلمانی برای برگزاری جلسات و پایبندی به سخت گیری های آموزشی خاص بحث می کنند. این الزاماتِ سخت گیرانه نادرست نیستند، آنها فقط مورد نیاز نیستند. من این فرایند را به گونه ای توسعه داده ام که تنها الزام سخت گیرانه، پایبندی به تفسیر توصیفی بیان شده در اینجا در زمان تکمیل هر گام از کاربرگ COFA است. تنها الزامات اساسی برای این تجزیه و تحلیل عبارت است از یک پایگاه داده کامل از همهٔ تجهیزات کارخانه، یک نقطهٔ تماس واجد شرایط RCM، نمایندگانی واجد شرایط از بخش های عملیات، مهندسی و نگهداری و تعمیرات، نمایندگانی از صنعتکاران مختلف، داده های منابع اطلاعات و دانش و تجربهٔ جمعیِ نمایندگان برای شناسایی همهٔ کارکردهای مختلف تجهیزات، حالت های خرابی تجهیزات و پیامدهای آن حالت های خرابی.

من توصیه می کنم که این نمایندگان بسته به تجهیز و سیستم هایی که تجزیه و تحلیل می شوند، به نوبت از بخش های مختلف جایگزین شوند. به عنوان مثال، افرادی که با تجهیزات سیستم های توزیع برق بیشتر آشنا هستند، احتمالاً واجد شرایط ترین افراد برای تجزیه و تحلیل تجهیزات سیستم آب تغذیه نیستند و بر عکس، گروه مکانیک احتمالاً بهترین افراد برای تجزیه و تحلیل تجهیزات سیستم توزیع برق نیستند. با این حال، فردی که به عنوان نقطهٔ تماس واحد برای تجزیه و تحلیل RCM عمل می کند، باید به صورت دائمی باقی بماند.

هیچ نیازآموزشی خاصی برای این افراد غیر از دانش، تخصص و اشتیاق آنها برای کار با یکدیگر مورد نیاز نیست. منطقی که من ایجاد کرده ام، مبرهن و بی نیاز از توضیح[۲] است. اعضای گروه می توانند خودشان تعیین کنند

[۱] facilitators
[۲] self-explanatory

که چگونه یک جلسه را برگزار کنند، چه بگویند، چه زمانی صحبت کنند و چه اطلاعاتی لازم است که مستند شود. نمایندگان منتخب باید کاملاً قادر به تعیین روشی برای تصمیم گیری در مورد اینکه کدام تجهیزات سیستم ابتدا تجزیه و تحلیل شوند، باشند. در نهایت، هر تجهیزی تجزیه و تحلیل خواهد شد، بنابراین ترتیبی که آنها در آن تجزیه و تحلیل می شوند از اهمیت بالایی برخوردار نیست. برخی از تجهیزاتی که تصور می شود از کمترین اهمیت برخوردار هستند، در واقع ممکن است حیاتی ترین آنها تشخیص داده شوند.

به نظر من، اتّخاذ رویکردی برای RCM که بسیار کم عمق و کوته فکرانه است، زیانبخش و بی دلیل پر هزینه است. تأکید بیش از حد بر امور روش پیش پا افتاده می تواند منجر به کاهش علاقه به کل فرایند RCM شود. روی آوردن به RCM به این شیوه به چیزی که این فرایند را در گذشته بسیار دشوار کرده است و علت اینکه میزان شکست اجرای آن اینقدر بالا بوده است، کمک کرده است. قرار نبوده که پیاده سازی RCM اینقدر سخت باشد و نباید هم باشد. همانطور که من در فصل ۲ اشاره کردم، تصمیمات مورد نیاز برای اجرای موفقیت آمیز یک برنامهٔ RCM، توسط افراد با دانش داخلی یا توسط افراد کمکی اضافی که بر اساس یک قرارداد مجزا تحت نظارت داخلی کار می کنند، بهتر اتخاذ می شود.

نقطهٔ شروع پیاده سازی این است که معیارهای قابلیت اطمینان دارایی خود را تعریف کنید.

۵-۱- تعریف استراتژی قابلیت اطمینان دارایی[۱]

RCM، یک محرک برای استراتژی قابلیت اطمینان شرکت است. همانطورکه ما در فصل ۱ آموختیم، هدف شمارهٔ یک شما حفظ دارایی های شرکت خود از طریق یک برنامهٔ اساسی RCM برتر است که بالاترین سطح ایمنی و قابلیت اطمینان را برای تأسیسات شما تضمین می کند. هر گونه پیشرفت در بدبختی های شرکت مانند وارد آمدن صدمات جدی به کارکنان یا عموم مردم، یا داشتن تیم های بازرسی اجرایی یا هجوم ناگهانی یک کمیتهٔ OSHA به تأسیسات شما، به اندازهٔ کافی نظارت پذیری ناخواستهٔ شرکت و توجه ناخواندهٔ عمومی را ایجاد خواهد کرد که تأثیر منفی حاصل شده بیش از هزینهٔ اجرای یک برنامهٔ قابلیت اطمینان محتاطانه خواهد بود.

اولین قدم در پیاده سازی برنامهٔ RCM، تعریف صریح و دقیق معیارهای قابلیت اطمینان دارایی است که مدیریت ارشد شما مایل به حفظ آنهاست. تعریف معیارهای قابلیت اطمینان دارایی اساساً شامل شناسایی همهٔ پیامدهای ناخواستهٔ خرابی است که می تواند در تأسیسات شما رخ دهد و باید از آنها جلوگیری شود.

برای تعریف این معیارها، باید موارد زیر را در نظر بگیرید: تضمین ایمنی کارکنان و کارخانه، جلوگیری یا حداقل کاهشِ مواجه شدن با تأخیرهای تولید برنامه ریزی نشده، توقفات برنامه ریزی نشدهٔ تأسیسات، کاهش برق و وقفه ها در تولید، از دست دادن تولید یا ظرفیت تولید، جلوگیری از مسائل نظارتی یا زیست محیطی ناشی از

[۱] Asset Reliability Strategy

جلب تبلیغات ناخواسته یا دعوای قضایی و غیره. تعریف این معیارها اولین سفارش کسب و کار شماست و اکیداً توصیه می شود که یک تفاهم نامهٔ رسمی داخلی برای امضای همهٔ مقامات اجرایی برای توافق در مورد آنچه شما انتخاب می کنید، ارائه دهید.

کاملاً قابل قبول است که شرایط تحقق را در معیارهایی که انتخاب می کنید، قرار دهید-برای مثال، یک وقفهٔ تولید یا مونتاژ با مدت زمان حداکثر ۱۵ دقیق ، ۳۰ دقیقه یا ۱ ساعت یا کاهش توان حداکثر ۱ درصد، یا ۵ درصد یا ۱۰ درصد. موارد دیگری که باید در نظر گرفت عبارتند از :

- آیا کارخانه می تواند خرابی را مدیریت کند؟
- آیا می توان اقدامات جبرانی را بلافاصله انجام داد و آیا آنها قابل قبول هستند؟
- آیا زمان کافی برای کاهش هر گونه پیامد ناخواسته وجود خواهد داشت؟

همچنین هر شرط تحقق که شما انتخاب می کنید، باید پذیرش مدیریت ارشد را داشته باشد. پس از ایجاد، آنها به اساس برنامهٔ قابلیت اطمینان شما تبدیل خواهند شد. به عنوان مثال، یک تأسیسات ساخت یا تولید ممکن است این معیارها را در بر بگیرد: عدم وجود مسائل پرسنلی یا ایمنی، عدم وجود تریپ در کارخانه، عدم وجود کاهش توان بیش از ۵ درصد، عدم وجود مشکلات قانونی منجر به فشار یا نظارت ناخواسته و عدم وجود اقدامات یا وقفه های اطاق کنترل که نمی توان آنها را به ۱۰ دقیقه کاهش داد. شکل ۵-۱ برخی از این معیارهای ممکن برای در نظر گرفتن را فهرست می کند.

گرچه عبارات عمومی مانند «بهینه سازی منابع» و «بهینه سازی کارخانه» با ارزش هستند، آنها به اندازهٔ کافی دقیق و شفاف نیستند. شما باید درمورد اینکه منظورتان از چنین اصطلاحاتی چیست، بسیار دقیق و شفاف باشید. معیارهای معمول قابلیت اطمینان دارایی که در شکل ۵-۱ ذکر شده بسیار شفاف هستند و منعکس کنندهٔ نیاز شما به شفاف بودنِ معیارهایتان برای دستیابی به موفقیت در قابلیت اطمینان هستند.

در شکل ۵-۱ توجه خواهید کرد که گنجاندن دو معیار اول الزامی است که عبارتند از معیارهای ایمنی کارکنان، عموم مردم و کارخانه. بقیهٔ معیارها همه عملیاتی هستند. البته، ممکن است شما به این لیست برخی از معیارهای پیشنهاد شده را اضافه یا حذف کنید (به غیر از دو معیار ایمنی اول). امّا یکبار که شما و مدیریت ارشد شما تصمیم گرفتید و تعریف کردید که دقیقاً چه معیارهایی را استفاده خواهید کرد، این موضوع کانون تجزیه و تحلیل RCM شما می شود. معیارهای اقتصادی[۱]، جدا از معیارهای ایمنی و عملیاتی[۲] هستند و همراه با شکل ۲-۵-ب مورد بحث قرار گرفته اند. کارکردهای تجهیز، خرابی های کارکردی و پیامدهای آن خرابی ها که می

[۱] Economic criteria
[۲] safety and operability criteria

توانند منجر به فعال شدن[1] یک یا چند مورد از معیارهای قابلیت اطمینان دارایی انتخابیِ شما شوند، منجر به دسته بندی تجهیز به عنوان حیاتی یا بالقوه حیاتی خواهند شد.

موضوعات ایمنی :

- عدم وجود موضوعات ایمنی پرسنل یا ایمنی عمومی (اجباری)
- عدم وجود موضوعات ایمنی کارخانه یا تأسیسات (اجباری)

موضوعات عملیاتی :

- عدم وجود توقفات برنامه ریزی تشدهٔ کارخانه یا تأسیسات
- عدم وجود کاهش برق ، کاهش توان یا وقفه در تولید

شرایط انتخابی می تواند شامل موارد زیر باشد:

- بیش از X درصد
- بیش از X دقیقه یا X ساعت

- عدم وجود توساتات برق
- عدم تخطی از مشخصات فنی یا شرایط محدودکننده برای عملیات (مربوط به هسته ای)
- عدم نقض لیست حداقل تجهیزات (MINIMUM EQUIPMENT LIST) یا شرایط محدود کننده برای پرواز (مربوط به خطوط هوایی)
- عدم وجود پیامدهای نظارتی یا اقدامات اجرایی یا آسیب پذیری در برابر چنین اقداماتی
- عدم وجود اثرات ، پیامدها یا مسائل زیست محیطی
- عدم وجود اثرات ، پیامدها یا مسائل قضایی
- عدم وجود تغییرات غیر معمول یا غیرعادی اطاق کنترل

شرایط انتخابی می تواند شامل موارد زیر باشد:

- تغییر و تحولاتی که در عرض X دقیقه قابل کاهش نیستند
- عدم نیاز به راه حل های موقتِ اپراتور

شرایط انتخابی می تواند شامل موارد زیر باشد:

- راه حل های موقت برای بیش از X ساعت یا بیش از X روز
- مگر اینکه بتوان فوراً اقدامات جبرانی انجام داد

- عدم فعال سازی تاخواسته یا سهوی سیستم های اضطراری
- عدم وجود موضوعات و مسائل قابل توجه برای مشتری

شکل ۵-۱- معیارهای معمول قابلیت اطمینان دارایی

همانطور که اشاره شد، معیارهای اقتصادی از معیارهای ایمنی و عملیاتی جدا هستند و بعداً در این فصل مورد بحث قرار خواهند گرفت. تجهیزات تعهدآور تجهیزاتی هستند که توسط الزامات تعهدآور خاصی تعیین می شوند که شما با ناظر مربوطهٔ خود توافق کرده اید. بنابراین، برنامهٔ RCM شما از تجهیزاتی تشکیل خواهد شد که به عنوان یکی از موارد زیر را دسته بندی می شوند:

- تجهیزات ایمنی یا عملیاتی حیاتی
- تجهیزات ایمنی یا عملیاتی بالقوه حیاتی

[1] triggering

- تجهیزات تعهدآور
- تجهیزات اقتصادی

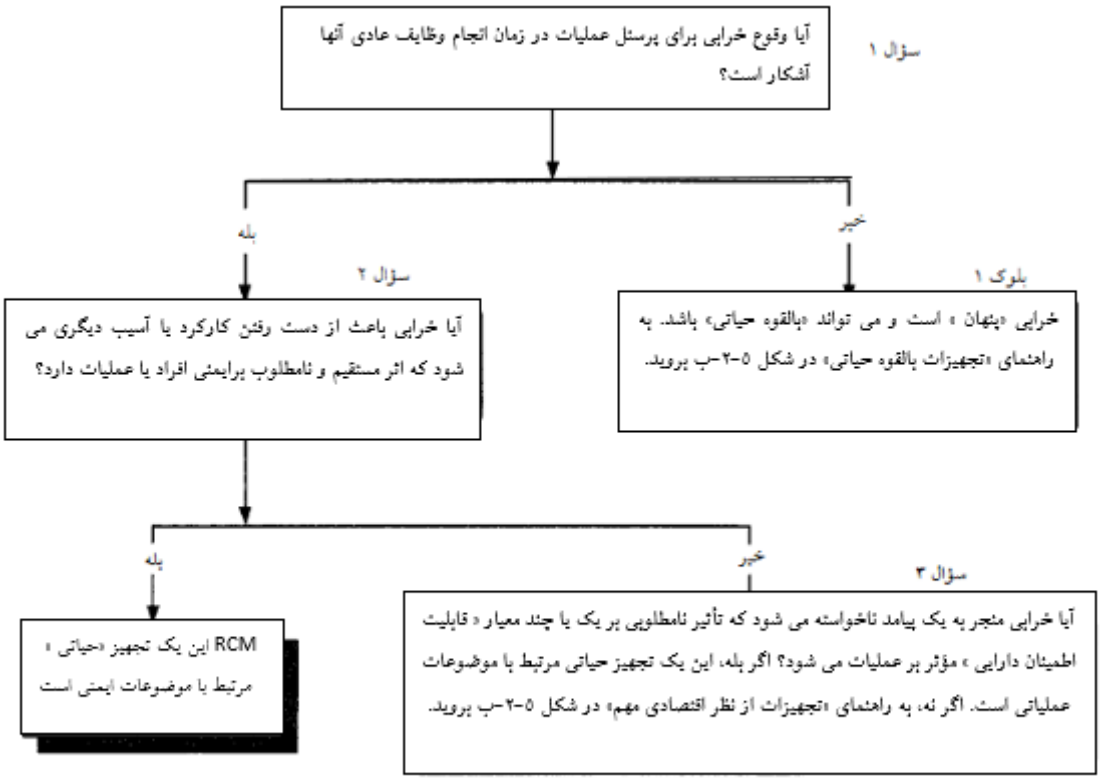
هر تجهیز با یکی از این دسته بندی ها باید یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از پیامدهای خرابیش داشته باشد، یا اگر یک فعالیت PM قابل اجرا و مؤثر را نمی توان مشخص کرد، باید تغییر طراحی اجرا شود.

پیشنهاد می کنم که هر معیار را با یک عدد یا یک مخفف کدگذاری کنید- برای مثال، C-PerS، C-PubS و C-PlaS برای یک تجهیز حیاتی که یک پیامد ایمنی برای پرسنل، ایمنی برای عموم مردم یا ایمنی برای کارخانه دارد. همچنین می تواند به اختصار PC-EI یا PC-PSD برای یک تجهیز بالقوه حیاتی با پیامد اثرات زیست محیطی یا توقف کارخانه مخفف باشد. دلیل انجام این کار این است که در زمان دیگری ممکن است بخواهید همهٔ تجهیزات را مرتب کنید، به عنوان مثال، بر اساس اینکه خرابی آنها منجر به توقف ناخواستهٔ کارخانه یا کاهش برق یا یک پیامد نظارتی می شود. این یک منبع دادهٔ خوب است که وضوح و دقت را به دسته بندی تجهیزات حیاتی یا بالقوه حیاتی می افزاید.

۵-۲-درک درخت منطقی[۱] COFA، دستورالعمل تجهیزات بالقوه حیاتی[۲] و دستورالعمل تجهیزاتِ از نظر اقتصادی مهم[۳].

قبل از اینکه به کاربرگ COFA بپردازیم، شما نیاز دارید درکی از درخت منطقی RCM COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم داشته باشید. این همان «پیاده سازی *RCM* به زبان ساده» است. شما درخواهید یافت که من یک فرایند منطقی پیچیده را در پیش گرفته ام و ضمن افزایش تمامیت، دقت و شفافیت آن را به عناصر اصلی اش تقلیل داده ام. این همچنین بر اساس آنچه که در فصل ۳ در مورد دسته بندی تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی و معیارهای قابلیت اطمینان انتخابی دارایی شما آموختیم، بنا می شود. برای درخت منطقی COFA به شکل ۵-۲-الف و برای راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم به شکل ۵-۲-ب مراجعه کنید. من در هر گام از کل فرایند منطقی در شکل های ۵-۲-الف و ۵-۲-ب با توضیح هر تصمیمی که شما می گیرید، شما را راهنمایی خواهم کرد. این منطق با شناسایی تجهیزات حیاتی، سپس تجهیزات بالقوه حیاتی و سپس تجهیزات تعهدآور و اقتصادی شروع می شود.

[۱] RCM COFA Logic Tree
[۲] Potentially Critical Guideline
[۳] Economically Significant Guideline



شکل ۵-۲-الف - درخت منطقی RCM COFA

دستورالعمل تجهیزات بالقوه حیاتی

آیا خرابی تجهیز ،در ترکیب با یک خرابی اضافی یا شروع یک رویداد یا در طول زمان، می تواند منجر به پیامد ناخواسته ای شود که اثر نامطلوب مستقیم بر روی یک یا چند معیار قابلیت اطمینان دارایی دارد؟

اگر بله، این یک تجهیز بالقوه حیاتی است. بسته به پیامد خرابی آن ، ممکن است برای موضوعات ایمنی یا عملیاتی «بالقوه حیاتی» باشد.

اگر خیر، آیا تجهیز مرتبط با یک تعهد است؟ اگر هست، این یک تجهیز تعهدآور است. اگر با یک تعهد مرتبط نیست، به راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم در زیر بروید.

دستورالعمل تجهیزات از نظر اقتصادی مهم

- آیا خرابی تجهیز منجر به هزینهٔ بالایی برای بازسازی خواهد شد ؟
- آیا خرابی تجهیز منجر به هزینهٔ بالای فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی (CM) مرتبط خواهد شد؟
- آیا خرابی تجهیز منجر به توقف قابل توجهی خواهد شد ؟
- آیا خرابی تجهیز منجر به زمان انتظار طولانی برای قطعات تعویضی می شود ؟ آیا این قطعات از رده خارج یا کمیاب هستند؟

اگر پاسخ به هریک از موارد بالا مثبت است، و یک PM توسط کاربرگ ارزیابی اقتصادی بیشتر توجیه می شود، این یک تجهیز اقتصادی است.

اگر پاسخ به همهٔ موارد بالا خیر است، این یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی (RTF) است .

شکل ۵-۲-ب

توجه داشته باشید که این منطق به گونه ای ایجاد شده است که برای اینکه یک تجهیز به عنوان اقتصادی دسته بندی شود، باید ابتدا از درخت منطقی COFA و راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی عبور کند تا اطمینان حاصل شود فقط یک تجهیز اقتصادی نیست، زیرا می تواند یک تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی نیز باشد. بیشتر برنامه های RCM، اگر به عنوان مثال تجهیز دارای تعداد زیادی سفارش نگهداری و تعمیرات اصلاحی یا هزینهٔ بالای بازسازی باشد، بلافاصله مستقیماً به یک نتیجه گیری اقتصادی می روند. این قابل قبول نیست زیرا لزوماً صحیح نیست. در بسیاری از موارد، تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی نیز خواهد بود، که بسیار مهم تر از اقتصادی است. همانطورکه در فصل۳ آموختیم، دسته بندی تجهیز همیشه به صورت پیش فرض در بالاترین سطح قرار می گیرد. در غیر اینصورت، این امکان ناشناخته می ماند. بلافاصله پریدن به یک نتیجه گیری اقتصادی هرگز تجهیز را به عنوان حیاتی یا بالقوه حیاتی نیز آشکار نخواهد کرد.

با در نظر گرفتن همهٔ این ها، بیشتر دشواری ها و ابهامات در تفسیرهای سنتی موجود از RCM به ویژه برای یک تازه کار RCM، از فرایند منطقیِ تصمیم گیریِ ناپیوسته به وجود می آید که در نتیجه هرگونه انسجام واقعی از این فرایند منطقی دور می شود.کاری که من انجام داده ام، ساده کردن کل فرایند منطقی با توسعهٔ مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی و به صورتی بسیار خاص و واضح، یکپارچه کردن همهٔ منطق تصمیم گیری در یک فرایند فراگیر و مستقل است. من کاربرگ COFA را طوری طراحی کرده ام که شامل سادگی زیر باشد:

- کل فرایند تجزیه و تحلیل در سطح تجهیز آغاز می شود.
- شما از قبل معیارهای قابلیت اطمینان دارایی خود را ایجاد کرده اید، که استاندارد شما را برای تعیین موارد ایمنی و عملیاتی تشکیل می دهند.
- درخت منطقی COFA سپس تجهیزات حیاتی را از طریق فرایند تصمیم گیری RCM شناسایی می کند اگر بر هر یک از معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که تعیین کرده اید، تأثیر بگذارد.
- در صورتی که تجهیز توسط درخت منطقی COFA حیاتی تلقی نمی شود، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی در فرایند منطقی تصمیم گیری تعبیه شده تا تعیین کند که آیا یک خرابی پنهان می تواند بر معیارهای قابلیت اطمینان دارایی شما تأثیر بگذارد، که می تواند تجهیز را به بالقوه حیاتی تبدیل کند.
- اگر درخت منطقیِ تصمیم گیری در راهنمایِ تجهیزات بالقوه حیاتی، تجهیز را به عنوان بالقوه حیاتی یا دارای یک تعهد مرتبط با خود شناسایی نکرد، راهنمای تجهیزاتِ از نظر اقتصادی مهم در منطق تصمیم گیری تعبیه شده است تا تعیین کند آیا خرابی تجهیز می تواند به یک مسأله اقتصادی منجر شود یا خیر.

بنابراین، کل منطق تصمیم گیری RCM در یک فرایند بسیار ساده یکپارچه شده است. کاربرگ COFA که ما در فصل۴ در مورد آن بحث کردیم، شما را به منطق مورد نیاز برای تعیین پیامد خرابی نهایی ارجاع می دهد. از آنجا که کل منطق تصمیم گیری به ترتیب در درخت منطقی RCM COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی

و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم ادغام شده است، فقط عاقلانه است که آنها را قبل از شروع تکمیل نمودن کاربرگ COFA بررسی کنیم.
منطق توصیفی برای هر سؤال در درخت منطقی RCM COFA در زیر آمده است.

سؤال ۱ **:** آیا وقوع خرابی برای پرسنل تولید در حین انجام وظایف عادی خود آشکار است؟

دلیلی وجود دارد که این اولین سؤالی است که پرسیده می شود: این سؤال برای تمایز بین خرابی های آشکار و پنهان است و اینجاست که منطق RCM شروع می شود. این سؤال باید برای هر حالت خرابی پاسخ داده شود. یک تجهیز معمولاً دارای چندین حالت خرابی است. حالت های خرابی آنهایی هستند که غالب هستند یا به احتمال زیاد رخ می دهند. آنها، حالت های خرابی نامعقول و غیرواقع بینانه را شامل نمی شوند. حالت های خرابی انواع خرابی یا راه هایی هستند که یک تجهیز می تواند خراب شود. به عنوان مثال، حالت خرابی می تواند یکی از موارد زیر باشد: «شیر در حالت بسته خراب است»، «شیر باز نمی شود»، «سوئیچ فعال نمی شود»، «سوئیچ پیش از موعد فعال می شود»، «پمپ روشن نمی شود» و غیره. حالت های خرابی نامعقول شبیه به دلایل خرابی نامعتبر هستند که ما در فصل۴ مورد بحث قرار دادیم. آنها بسیار نادر هستند. (توجه : در این نقطه از تجزیه و تحلیل، حالت خرابی شامل دلیل[۱] یا علت[۲] خرابی تجهیز نمی شود. علل خرابی معتبر[۳] در طول مرحلهٔ ارزیابی فعالیت های PM تجزیه و تحلیل می شوند که به طور مفصل در فصل ۶ پوشش داده شده است).
خرابی تجهیز را می توان توسط یک هشدار اطاق کنترل، یک چراغ نشانگر، یک نشانگر موقعیت سوپاپ یا هر اخطار اطاق کنترل دیگری که بر کارکرد آن تجهیز خاص نظارت می کند، آشکار کرد. این نشانه ای را فراهم می کند که تجهیز خراب شده است و یک وضعیت اضطراری به وجود آمده است. به عنوان مثال، اگر خرابی یک پمپ خاص رخ دهد، سپس نیروگاه باید فوراً توان را کاهش دهد. البته، خرابی می تواند از طریق رویداد ناخواسته ای که همزمان با خرابی رخ می دهد، آشکار شود-به عبارت دیگر، زمانی برای اقدام فوری وجود ندارد زیرا پیامد خرابی قبلاً رخ داده است. به عنوان مثال، به محض این که یک خرابی نوار نقاله رخ می دهد، خط مونتاژ متوقف می شود. هر حالت خرابی که آشکار نیست، خرابی پنهان در نظر گرفته می شود.
همانطورکه در فصل۳ اشاره کردم، هرتأسیساتی مانند اطاق کنترل یک نیروگاه هسته ای یا کابین یک هواپیمای جت نیست که در آن تقریباً تمام تجهیزات و سیستم ها به طور مداوم پایش می شوند. اگر تأسیسات شما به طور مستمر بر بیشتر تجهیزات شما در یک اطاق کنترل نظارت ندارد، قابل قبول است که در صورتی که پایش تجهیز در طول بازدیدهای اپراتور به طور منظم انجام می شود خرابی را به عنوان « آشکار»[۴] در نظر بگیرید. عملاً همهٔ تأسیسات، دارای فرد یا افرادی هستند که به طور مداوم بر تجهیزات کارخانه و سایر پارامترها در طول

[۱] reason
[۲] cause
[۳] credible failure causes
[۴] being evident

یک دورهٔ ۲۴ ساعته نظارت می کنند. برای رسیدن به اعتبار برای آشکار بودن یک رویداد، بازدیدهای اپراتور نمی تواند شامل مجموعه ای از دستورالعمل های شفاهی باشد که به صورت سرسری و بی قاعده تفسیر شده اند و می توانند به دلخواه و خودسرانه تغییر کنند. بازدیدهای اپراتور باید رسمی باشد و در رویه های عملیاتی کاربردی خاص تعریف شود. ما هر دو پاسخ بله و خیر به سؤال ۱ را بررسی خواهیم کرد که با پاسخ بله شروع می شود که ما را به سؤال بعدی می رساند.

سؤال ۲ : آیا خرابی منجر به از دست رفتن کارکرد یا آسیب دیگری می شود که تأثیر مستقیم و نامطلوبی بر ایمنی کارکنان یا عملیات دارد؟

این سؤال نیز باید برای هر حالت خرابی پرسیده شود. این جدی ترین همهٔ پیامدهاست. یک پاسخ مثبت به سؤال۲ به این معناست که این خرابی منفرد[۱]می تواند منجر به یک اثر نامطلوب مستقیم بر ایمنی کارکنان یا کارخانه شود. یک خرابی منفرد می تواند بلافاصله منجر به این احتمال شود که یک کارمند یا عضوی از جامعه به طورجدی آسیب ببیند یا می تواند منجر به مرگ یا یک مسأله ایمنی جدی برای کارخانه شود. یک مثال، خرابی آببند او-رینگ[۲] روی شاتل فضایی چلنجر است. همچنین یک پاسخ بله می تواند به این معنی باشد که احتمال یک مسألهٔ ایمنی بسیار جدی برای این تأسیسات وجود دارد، به گونه ای که خرابی تجهیز ممکن است منجر به آتش سوزی یا انفجار در تأسیسات شود (که یک مسألهٔ ایمنی افراد نیز خواهد بود). این، یک تجهیز حیاتی مرتبط با مسائل ایمنی است. (توجه: بدیهی است که همهٔ پیامدهای خرابی، چه در سطح سیستم و چه در سطح کارخانه، نشان می دهند که هیچ استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ای برای جلوگیری از خرابی وجود ندارد). به عنوان مثال، اگر شما یک PM موجود دارید که فعالیتی را انجام می دهد، داشتن آن PM نباید در تجزیه و تحلیل برای تعیین پیامد خرابی در نظر گرفته شود. در واقع، ممکن است این فعالیت PM موجود قابل اجرا و مؤثر باشد، امّا با فرض اینکه تجهیز بدون اعتبار بخشیدن به فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه موجود خراب خواهد شد، نیاز شما به تعریف حیاتی بودن تجهیز را نفی نمی کند).
یک پاسخ خیر به سؤال ۲، ما را به سؤال ۳ می رساند.

سؤال ۳ : آیا خرابی منجر به یک پیامد ناخواسته می شود که اثر نامطلوب مستقیمی بر یک یا چند معیار قابلیت اطمینان دارایی مؤثر بر عملیات دارد؟

یک پاسخ بله به سؤال۳ ، تعیین می کند که این یک تجهیز حیاتی مربوط به مسائل عملیاتی است. ما می دانیم که خرابی آشکار بوده و به عنوان یک مسألهٔ ایمنی تعیین نشده است زیرا به سؤال ۲ پاسخ خیر داده بودیم و

[۱] single failure
[۲] O-ring seal

بقیهٔ معیارهای قابلیت اطمینان دارایی(به جز دو مورد اول) موارد عملیاتی هستند. اگر این یک مسألهٔ عملیاتی نیست، هنوز هم می تواند یک مسألهٔ اقتصادی باشد.
یک پاسخ خیر به سؤال ۳ ما را به راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم در شکل ۵-۲-ب هدایت می کند. یک پاسخ بله به هر یک از سؤالات اقتصادی، تعیین می کند که تجهیز به عنوان اقتصادی دسته بندی شود. یک پاسخ خیر به راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم، تجهیز را به عنوان کارکرد-تا-خرابی مشخص می کند.
حالا بیایید نگاهی به پاسخ خیر به سؤال ۱ بیندازیم. این پاسخ ما را به بلوک ۱ می رساند.

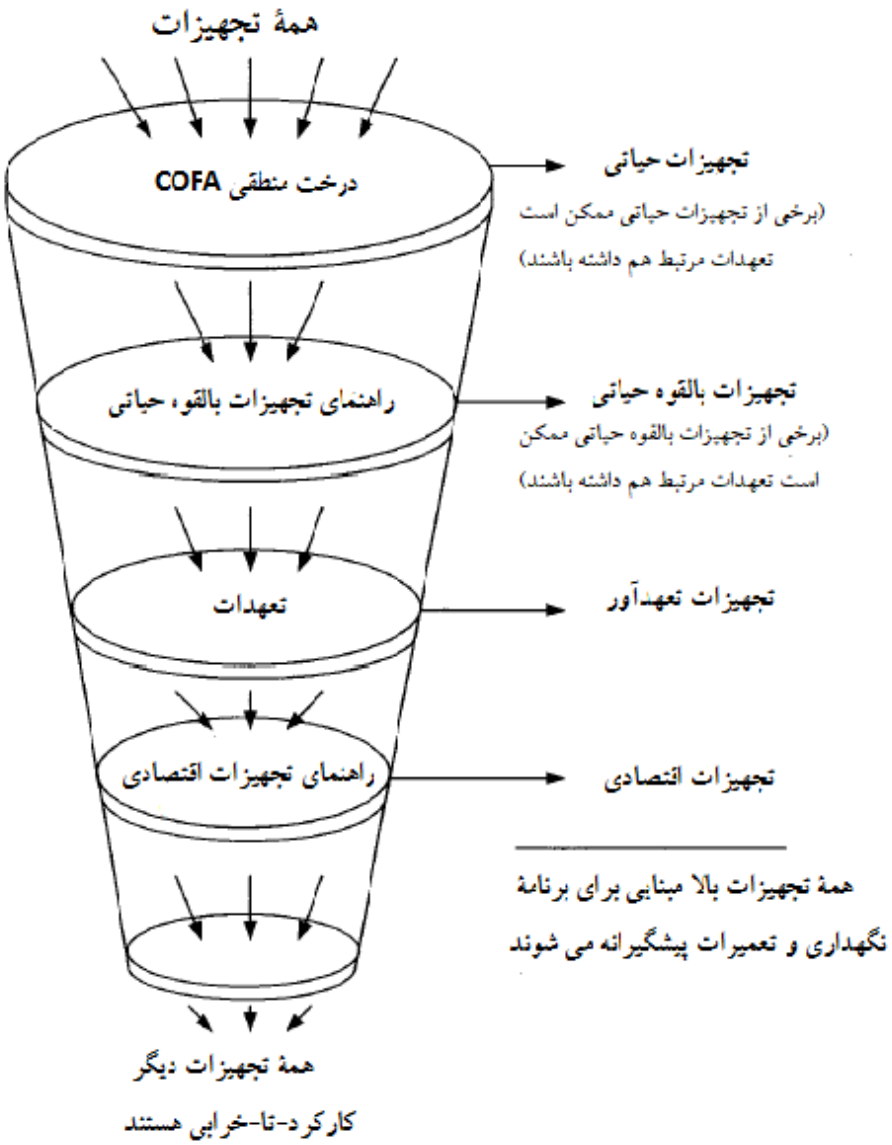
بلوک۱: خرابی پنهان است و می تواند بالقوه حیاتی باشد. به راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی بروید.

ما سپس با راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی در شکل ۵-۲-ب ادامه می دهیم تا تعیین کنیم آیا خرابی تجهیز در ترکیب با یک خرابی اضافی یا یک رویداد آغازگر یا در طول زمان می تواند منجر به یک پیامد ناخواسته شود که اثر نامطلوب مستقیمی بر یک یا چند معیار قابلیت اطمینان دارایی از جمله دو معیار ایمنی اول دارد.
یک پاسخ بله در راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی تعیین می کند که تجهیز بالقوه حیاتی است. نمونه ای از یک مسألهٔ ایمنی بالقوه حیاتی، شبیه به آسیب پذیری در برابر سرعت بیش از حد توربین دارای افزونگی چند گانه (امّا پنهان) است که ما آن را در فصل ۳ بررسی کردیم، که به موجب آن کارخانه می تواند آسیب قابل توجهی را متحمل شود، اما بدتر از آن، ممکن است یک نفر کشته شود.
به تمایز بین سؤال ۲ و راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی درارتباط با ایمنی توجه کنید. همچنین یک پاسخ بله به راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی که بر هر یک از دو معیار ایمنی اول قابلیت اطمینان دارایی تأثیر می گذارد، تعیین می کند که یک پیامد ایمنی وجود دارد، امّا مستقیم و فوری نیست زیرا پنهان است. بنابراین، حیاتی ترین پیامد آنهایی هستند که به یک پاسخ بله به سؤال ۲ منتهی می شوند.
تجهیزاتی که خرابی آنها منجر به یک پاسخ بله به سؤال ۲ یا یک پاسخ بله در راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی برای هر کدام از دو معیار اول قابلیت اطمینان دارایی می شود، باید برای یک تغییر طراحی احتمالی علاوه بر هر گونه استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ای که ممکن است اجرا شود، بررسی شوند.
یک خرابی که منجر به پیامد برای هر یک از معیارهای قابلیت اطمینان دارایی دیگر (به جز دو معیار ایمنی اول) می شود، یک تجهیز بالقوه حیاتی مربوط به یک مسألهٔ عملیاتی را نشان خواهد داد. یک نمونهٔ معمولی، خرابی پنهانِ یک موتور خاص است که می تواند همراه با خرابی اضافیِ یک تجهیز دوم منجر به یک وقفهٔ برنامه ریزی نشده در تولید شود.
یک پاسخ خیر به راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی این سؤال را مطرح می کند که آیا تجهیز دارای تعهدی مرتبط با خود است. اگر یک تعهد مرتبط داشته باشد، به عنوان یک تجهیز تعهدآور دسته بندی می شود. اگر تعهد مرتبطی نداشته باشد، به راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم می رویم تا تعیین کنیم آیا تجهیز باید به عنوان اقتصادی یا کارکرد-تا-خرابی دسته بندی شود.

شکل۵-۳ آنچه را که من فیلتر RCM می نامم، نشان می دهد. این یک روش ساده برای نگریستن به منطقی است که به تازگی در مورد آن آموخته ایم، که نشان می دهد چگونه تضمین می کند که هیچ چیزی بدون اینکه از نظر اهمیت آن فیلتر شود، از قیف عبور نمی کند.

همانطور که می بینید، منطقی که من ایجاد کرده ام، برای همهٔ تجهیزات این امکان را فراهم می کند که در ابتدا از فیلتر اول که درخت منطقی **COFA** است، عبور کنند. همهٔ تجهیزات حیاتی، توسط این فیلتر اول تعیین می شوند. آن تجهیزاتی که از فیلتر اول عبور می کنند، سپس از فیلتر دوم که راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی است، عبور می کنند. همهٔ تجهیزات بالقوه حیاتی، توسط این فیلتر دوم تعیین می شوند. آن تجهیزاتی که از دو فیلتر اول عبور می کنند، سپس باید از فیلتر تجهیزات تعهدآور عبور کنند، که در راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی گنجانده شده است. آن تجهیزاتی که از سه فیلتر اول عبور می کنند، سپس از فیلتر چهارم عبور می کنند که راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم است. همهٔ تجهیزات صرفاً اقتصادی توسط این فیلتر چهارم تعیین می شوند.

همهٔ تجهیزاتی که فیلتر شدند، مبنایی فنی را برای برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تشکیل می دهند. اگر تجهیزی بدون گیرکردن در هر یک از این فیلترها از قیف عبور کند، یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی است. این واقعاً «پیاده سازی ***RCM*** به زبان ساده» است.



شکل ۵-- ۳ فیلتر RCM

۵-۳-تکمیل کاربرگ **COFA** در ارتباط با درخت منطقی **COFA**، دستورالعمل تجهیزات بالقوه حیاتی و دستورالعمل تجهیزات از نظر اقتصادی مهم.

با درک درخت منطقی COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم، ما می توانیم تجزیه و تحلیل خود را درکاربرگ COFA آغاز کنیم. برای سادگی، کاربرگ COFA درخت منطقی COFA و این دو راهنما را ادغام می کند.

در این مثال برای تکمیل کاربرگ COFA، ما فرض می کنیم که در حال تجزیه و تحلیل شیر جداسازی دو طرفه[۱] با شناسهٔ تجهیز GHI هستیم که یک مسیر جریان آب سرد را برای مبدل های حرارتی خنک کنندهٔ X و Z فراهم می کند. شکل های ۵-۴-الف تا ۵-۴-چ نشان می دهند که چگونه هنگامی که در تجزیه و تحلیل

[۱] two-way isolation valve

خود پیش می رویم، داده ها را برای هر ستون از کاربرگ وارد کنیم. من می توانستم همهٔ اطلاعات را به یکباره وارد کنم، امآ انجام این کار به صورت گام به گام آن را برای دنبال کردن و درک آسان تر می کند.

۵-۳-۱-شرح کارکردهای تجهیز

ما با وارد کردن شناسهٔ تجهیز در ستون A از کاربرگ COFA شروع می کنیم و در ستون B همهٔ کارکردهای تجهیز را شرح می دهیم. به شکل ۵-۴-الف مراجعه کنید .

ستون A از COFA	ستون B از COFA
شناسه و شرح تجهیز	**تعریف همهٔ کارکردهای تجهیز**
▪شیر جداسازی دوطرفه GHI	۱-الف- یک مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است، فراهم می کند. ۱-ب- ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y کار نمی کند، را فراهم می کند. ۱-پ-جریان خنک کنندهٔ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبان Z در زمان اشکال در عملکرد کندانسور اصلی فراهم می کند.

شکل ۵-۴-الف

برای هر تجهیز کارکردهای متعددی وجود خواهد داشت. این کارکردها، همهٔ کارکردهای عملیاتی عادی و هر کارکرد اضطراری تجهیزات را در بر می گیرد، مانند آن دسته از کارکردهای طراحی که در نتیجهٔ از دست دادن برق در محل، جاری شدن سیل در دوره های بارندگی شدید یا رعد و برق، از دست دادن قابلیت سرمایش، وقوع آتش سوزی و مانند آن به وجود می آیند. این کارکردها، آنچه را که تجهیز باید انجام دهد، شرح می دهند. این کارکردها، توضیحی برای این هستند که چرا تجهیز نصب شده است و حفظ این کارکردها هدف اصلی برنامهٔ نگهداری و تعمیرات است. هدف از تعریف کارکردها به عنوان بخشی از تجزیه و تحلیل، توانایی شناخت حالت های خرابی خاص و پیامدهای مربوط به خرابی آنها است.

به عنوان مثال، یکی از کارکردهای شیر دوطرفه GHI عبارت است از «فراهم کردن یک مسیر جریان برای مبدل حرارتی X در زمانی که پمپ Y در حال کار است». کارکرد دیگر برای همان شیر عبارت است از «فراهم نمودن جداسازی جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X در زمانی که پمپ Y در حال کار نیست».

یکی دیگر از کارکردهای شیر GHI «ارائهٔ یک مسیر جریان اضطراری به مبدل حرارتی پشتیبان Z در صورت خرابی کندانسور اصلی» است.

کارکرد باید طوری نوشته شود که یک تعریف واضح از شرایطی که باعث خرابی کارکردی می شود، وجود داشته باشد. متأسفانه، باز هم این به اصطلاح کارشناسانِ RCM باری بیش از حد بر این عنصر از فرایند

گذاشته اند تا حدی که یک شاهکار مهندسی جادوگری را برای شناسایی یک کارکرد ساده به خود اختصاص داده است. من کتاب ها و سایر اسناد مرتبط با RCM را دیده ام که تعیین می کنند یک کارکرد به عنوان مثال به صورت زیر نوشته شود: «فراهم نمودن جریان ۲۰۰ گالن در دقیقه با فشار۲۸۵ psig (پوند بر اینچ مربع) در دمای ۸۷ درجهٔ فارنهایت». یک دقیقه در مورد آن فکر کنید. خرابی کارکردی باید به صورت« شکست در فراهم نمودن جریان ۲۰۰ گالن بر دقیقه با فشار ۲۸۵ psig دردمای ۸۷ درجهٔ فارنهایت» خوانده شود. اگر پمپ فقط ۱۹۹ گالن در دقیقه با فشار ۲۸۴ psig دردمای ۸۶ درجهٔ فارنهایت تأمین کند چه؟ آیا این شکست یک کارکرد است؟ به احتمال زیاد، نه- مگر اینکه شما درمورد از دست دادن موجودی مایع خنک کنندهٔ راکتور در یک نیروگاه هسته ای صحبت کنید که بر حسب اونس در روز اندازه گیری می شود و با الزامات دقیق و مستند و قانونی صریحاً ۲۰۰ گالن در دقیقه با فشار ۲۸۵ psig در دمای ۸۷ درجهٔ فارنهایت را مشخص می کند.

بنابراین، در یک وضعیت غیر هسته ای و بدون از دست دادن موجودی مایع خنک کنندهٔ راکتور، که نزدیک به ۹۹/۹ درصد از تمام وضعیت های دیگر است، پیامد خرابی چه خواهد بود اگر خروجی پمپ فقط ۱۹۹ گالن بر دقیقه با فشار ۲۸۴ psig در دمای ۸۶ درجهٔ فارنهایت باشد؟ احتمالاً نامعلوم. این فقط مثال دیگری است از اینکه چگونه RCM هنگامی که صنعت هوانوردی تجاری را ترک کرد، از کنترل خارج شد. بسیار مناسب تر خواهد بود که آن کارکرد را به صورت زیر بنویسیم: «فراهم نمودن جریان ضروری مورد نیاز برای حفظ موجودی مخزن در سطح اسمی آن» .

در صورت عدم وجود الزامات نظارتی که به صورت خاص پارامترهای عملیاتی را که کارکرد باید برآورده کند، تعریف می کند، تنها تعریف کارکردی که شما باید مشخص کنید یک استاندارد عملکردی در سطح تعیین شده توسط شما، به عنوان مالک تأسیسات و صاحب برنامهٔ ***RCM***، است.

۵-۳-۲- شرح خرابی های کارکردی

در ستون C از کاربرگ، شما راه هایی را که هر کارکردی می تواند شکست بخورد، توضیح می دهید. از چه راه هایی ممکن است هر کارکرد از دست برود؟

به شکل ۵-۴-ب مراجعه کنید. به طور معمول، خرابی های کارکردی دقیقاً برعکس کارکرد هستند. به عنوان مثال، اگر کارکرد «فراهم نمودن یک مسیر جریان برای خنک کنندهٔ مبدل حرارتی X در حالی که پمپ Y در حال کار است» باشد، خرابی کارکردی به صورت «شکست در فراهم نمودن یک مسیر جریان برای خنک کنندهٔ مبدل حرارتی X در حالی که پمپ Yدر حال کار است» خواهد بود.

همانطورکه در فصل ۴ بیان کردم، از آنجایی که معمولاً خرابی کارکردی دقیقاً برعکس کارکرد است، هیچ ارزش قابل توجهی را اضافه نمی کند. پس از تعریف کارکرد، آنقدرها مشکل نیست که مستقیماً به ستون D

بروید و «حالت های خرابی غالب» را برای آن کارکردها تعریف کنید. با این حال، من تعریف خرابی های کارکردی را به دو دلیل اضافه کرده ام: (۱) اینکار ارزش حاشیه ای وضوح را به فرایند اضافه می کند و (۲) SAE آن را در استاندارد خود گنجانده است. با این حال، گنجاندن خرابی های کارکردی اهمیت زیادی به تجزیه و تحلیل اضافه نمی کند.

ستون A از COFA **شناسه و شرح تجهیز**	ستون B از COFA **تعریف همه کارکردهای تجهیز**	ستون C از COFA **تعریف راههایی که هر کارکرد می تواند به شکست بینجامد**
۱–والو دوراهۀ جداکننده GHI	۱–الف– یک مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است، فراهم می کند.	۱–الف–فراهم نکردن مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است .
	۱–ب– ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X را هنگامی که پمپ Y کار نمی کند، فراهم می کند.	۱–ب–فراهم نکردن ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y کار نمی کند.
	۱–پ– جریان خنک کنندۀ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبان Z در زمان اشکال در عملکرد کندانسور اصلی فراهم می کند.	۱–پ–فراهم نکردن جریان خنک کنندۀ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبان Z در زمان اشکال در عملکرد کندانسور اصلی

شکل ۵-۴-ب–کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA) (ادامه دارد)

۵-۳-۳- شرح حالت های خرابی غالب تجهیز را برای هر خرابی کارکردی

در ستون D، شما حالت های خرابی غالب تجهیز را شرح می دهید. به شکل ۵-۴-پ مراجعه کنید. حالت های خرابی، انواع مختلف خرابی یا راه های مختلفی هستند که یک تجهیز می تواند از کار بیفتد به طوری که کارکرد یا کارکردهای مشخص شده را ارائه نمی کند. ما فقط حالت های خرابی ممکن و واقعی را می گنجانیم. به عنوان مثال، حالت خرابی غالب برای خرابی کارکردی «شکست در فراهم نمودن یک مسیر جریان برای خنک کنندۀ مبدل حرارتی X در حالی که پمپ Y در حال کار است» به صورت « شیر GHI در وضعیت بسته خراب می شود» خواهد بود. حالت خرابی برای خرابی کارکردی «شکست در فراهم نمودن جداسازی[۱] برای خنک کنندۀ مبدل حرارتی X در زمانی که پمپ y در حال کار نیست» به صورت «شیر GHI باز نمی شود»

[۱] isolation

خواهد بود. حالت خرابی برای خرابی کارکردی «شکست در فراهم نمودن جریان خنک کنندهٔ اضطراری برای مبدل حرارتی پشتیبان Z در حین خرابی کندانسور اصلی» به صورت «شیر GHI قادر انتقال به موقعیت اضطراری خود نیست» خواهد بود.

ستون A از COFA	ستون B از COFA	ستون C از COFA	ستون D از COFA
شناسه و شرح تجهیز	تعریف همه کارکردهای تجهیز	تعریف راههایی که هر کارکرد می تواند به شکست بینجامد	تعریف حالتهای خرابی غالب برای هر خرابی کارکردی
۱-شیر دوراهۀ جداکننده GHI	۱-الف-یک مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است ، فراهم می کند.	۱-الف-فراهم نکردن مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است .	۱-الف-شیر در حالت بسته خراب می شود
	۱-ب- ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X را هنگامی که پمپ Y کار نمی کند، فراهم می کند.	۱-ب-فراهم نکردن ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y کار نمی کند.	۱-ب-شیر در حالت باز خراب می شود
	۱-پ- جریان خنک کنندۀ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبانZ در زمان اشکال در عملکرد کندانسور اصلی فراهم می کند.	۱-پ-فراهم نکردن جریان خنک کنندۀ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبانZ در زمان اشکال در عملکرد کندانسور اصلی	۱-پ-شیر برای انتقال به حالت اضطراری خراب می شود

شکل۵-۴-پ-کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA) (ادامه دارد)

۵-۳-۴- آیا وقوع حالت خرابی آشکار است؟

درستون E شما مشخص می کنید که آیا حالت خرابی آشکار است یا خیر. به شکل ۵-۴-ت مراجعه کنید. این سؤال مستقیماً از سؤال ۱ از درخت منطقی COFA می آید. این اولین سؤالی است که پرسیده می شود و مشخص می کند که آیا خرابی آشکار است یا پنهان. همانطورکه ما در بخش ۵-۲ بحث کردیم، برای پاسخ بله به این سؤال، حالت خرابی باید در هنگام رخ دادن آشکار باشد. این حالت خرابی باید برای پرسنل اپراتور در حین انجام وظایف عادی خود آشکار باشد. این شامل نشانه و نظارت اطاق کنترل است، یا می تواند شامل بازدید های اپراتور باشد اگر این بازدید ها به طور منظم انجام می شود و به صورت رسمی تبدیل به رویه شده باشد. درحین عملیات تأسیسات شما، گاهی اوقات ممکن است شیر در موقعیت باز باشد و در زمان های دیگر بسته به پارامترهای عملیاتی ممکن است بسته باشد، اما تا زمانی که موقعیت های مختلف شیر بخشی از نظارت روتین و تحولات عملیاتی باشد، خرابی شیر آشکار خواهد بود. اگرحالت خرابی برای پرسنل اپراتور آشکار نباشد، آن حالت خرابی پنهان است.

۵-۳-۵- اثر سیستم را برای هر حالت خرابی شرح دهید

اثرات خرابی در سطح سیستم چه هستند؟ در ستونF ما اثرات سیستمی را شناسایی می کنیم.

به شکل ۵-۴- ث مراجعه کنید. این واقعاً یک نقطهٔ میانی اطلاعات است زیرا هدف نهائی ما شناسایی پیامدهای خرابی در سطح کارخانه یا تأسیسات است. با وجود این، اثرات سطح سیستم به عنوان یک عنصر اطلاعات گنجانده می شوند زیرا آنها شناسائی اثرات کارخانه را کمی واضح تر می سازند. اغلب اوقات، خرابی به هیچ اثرسیستمی قابل توجهی منجر نمی شود، امّا ممکن است یک نیاز نظارتی برای عملکرد مداوم آن وجود داشته باشد و در واقع ممکن است خرابی آن منجر به یک اثر حیاتی در سطح کارخانه شود.

همچنین به خاطر داشته باشید که همهٔ خرابی های پنهان، هیچ اثر سیستمی ندارند. طبق تعریف، «زمانی که یک تجهیز برای انجام کارکرد خود مورد نیاز است و وقوع خرابی برای اپراتور آشکار نیست، یعنی عملیات کلی فوری سیستم چه در حالت عادی[۱] و چه در حالت تقاضایِ[۲]عملکرد بدون تأثیر باقی می ماند، آنگاه خرابی به عنوان پنهان تعریف می شود».

یک اثر سیستمی که ممکن است حتّی با وجود پنهان بودن خرابی توصیف شود، «از دست دادن افزونگی[۳]» است و این خرابی پنهان منجر به از دست رفتن افزونگی، به احتمال زیاد به عنوان پیامدی از خرابی در سطح کارخانه بالقوه حیاتی در نظر گرفته خواهد شد.

---

[۱] normal

[۲] demand

[۳] loss of redundancy

همچنین به یاد داشته باشید که اگر یک سیستم درحالت عادی کار نمی کند، درصورتی که در یک سیستم ایمنی یا کارکرد ایمنی قرار ندارد، طوری تجزیه و تحلیل می شود که گویی در حالت عملکرد[1] خود است. بنابراین، حالت خرابی ۱-پ پنهان نیست زیرا اگر شیر GHI در هنگام فراخوانی برای عملکرد نتواند به موقعیت اضطراری حرکت کند، کاملاً آشکار خواهد بود.

اثر سیستمی ۱- الف مشخص می کند که «مبدل حرارتی X خنک کنندگی را برای پمپ Y فراهم نمی کند، و باعث گرم شدن بیش از حد پمپ می شود».

اثر سیستمی گرمای بیش از حد پمپ Y به احتمال زیاد منجر به یک پیامد خرابی بحرانی در سطح کارخانه می شود. بنابراین، همانطور که شما می توانید ببینید، هدف از شناسایی اثرات در سطح سیستم، تنها ارائهٔ بینش کمی بیشتر در مورد پیامد خرابی در سطح کارخانه است.

[1] operating mode

ستون B از COFA	ستون C از COFA	ستون D از COFA	ستون E از COFA
تعریف همه کارکردهای تجهیز	تعریف راههایی که هر کارکرد می تواند به شکست بینجامد	تعریف حالتهای خرابی غالب برای هر خرابی کارکردی	آیا وقوع خرابی آشکار است؟
۱-الف- یک مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است ، فراهم می کند.	۱-الف-فراهم نکردن مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است .	۱-الف-شیر در حالت بسته خراب می شود	بله
۱-ب- ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X را هنگامی که پمپ Y کار نمی کند، فراهم می کند.	۱-ب-فراهم نکردن ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y کار نمی کند.	۱-ب-شیر در حالت باز خراب می شود	بله
۱-پ- جریان خنک کنندهٔ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبان Z در زمان اشکال در عملکرد کنداتسور اصلی فراهم می کند.	۱-پ-فراهم نکردن جریان خنک کنندهٔ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبان Z در زمان اشکال در عملکرد کنداتسور اصلی	۱-پ- شیر برای انتقال به حالت اضطراری خراب می شود	بله

شکل۵-۴-ت-کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA) (ادامه دارد)

ستون C از COFA	ستون D از COFA	ستون E از COFA	ستون F از COFA
تعریف راههایی که هر کارکرد می تواند به شکست بینجامد	تعریف حالتهای خرابی غالب برای هر خرابی کارکردی	آیا وقوع خرابی آشکار است؟	تعریف اثر سیستمی برای هر حالت خرابی
۱-الف-فراهم تکردن مسیر جریان برای خنک کاری مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y در حال کار است .	۱-الف- شیر در حالت بسته خراب می شود	بله	۱-الف- مبدل حرارتی X خنک سازی برای پمپ Y فراهم تمی کند که منجر به گرم شدن بیش از حد پمپ می شود.
۱-ب-فراهم تکردن ایزوله سازی مسیر جریان خنک کننده به مبدل حرارتی X هنگامی که پمپ Y کار تمی کند.	۱-ب- شیر در حالت باز خراب می شود	بله	۱-ب – هیچ اثر سیستمی وجود تدارد.
۱-پ-فراهم تکردن جریان خنک کنندهٔ اضطراری را برای مبدل حرارتی پشتیبانZ در زمان اشکال در عملکرد کنداتسور اصلی	۱-پ- شیر برای انتقال به حالت اضطراری خراب می شود	بله	۱-پ- مبدل حرارتی Z خنک سازی برای تجهیز اضطراری فراهم تمی کند.

شکل ۵-۴-ت- کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA) (ادامه دارد)

۵-۳-۶- شرح پیامد خرابی بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که انتخاب کرده اید

ستون G جائی است که ما پیامدهای خرابی را که می توانند منجر به تأثیر ناخواسته بر روی یک یا چند معیار قابلیت اطمینان دارایی انتخابیِ شما شوند، شناسایی می کنیم. برای نمونه های نوعی از این معیارها، به شکل ۵-۱ مراجعه کنید. پیامد خرابی مستقیماً از درخت منطقی COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم تعیین می شود.

به شکل ۵-۴-ج مراجعه کنید. همهٔ این پیامدهای ناخواسته در سطح کارخانه یا تأسیسات هستند و آنها برای هر حالت خرابی شناسایی می شوند، بنابراین ممکن است بیش از یک پیامد وجود داشته باشد. برای حالت خرابی ۱- الف، پیامد عبارت است از کاهش توان بیش از ۲۵ درصد به مدت بیش از ۱۰ ساعت. برای حالت خرابی ۱-ب، هیچ پیامدی برای کارخانه وجود ندارد. برای حالت خرابی ۱-پ، خرابی منجر به توقف کارخانه می شود. اگر بیش از یک پیامد خرابی وجود داشته باشد، شما باید همهٔ آنها را درنظر بگیرید. همانطورکه پیشتر ذکر شد، در تاریخ بعدی ممکن است شما بخواهید پیامدهای قابلیت اطمینان دارایی خود را بر اساس نوع پیامد مرتب کنید، و بنابراین عاقلانه است که همهٔ آنها را فهرست کنید. برای مثال، ممکن است بخواهید همهٔ تجهیزاتی را که خرابی آنها می تواند منجر به توقف کارخانه شود، مرتب کنید.

۵-۳-۷- تعریف دسته بندی تجهیزات

دسته بندی های تجهیز برای هر پیامد خرابی، باید در ستون G مشخص شود. ستون H بسیار مهم است زیرا هر گونه سؤال یا چالش بعدی که پیش می آید، با توجه به آنچه که در هنگام باز نشدن شیر GHI اتفاق می افتد،ثبت می شود. در این مورد، هیچ اتفاقی رخ نمی دهد زیرا حالت خرابی ۱-ب منجر به تعیین RTF می شود. با این حال، برای حالت خرابی ۱-پ، اگر شیر GHI نتواند انتقال یابد، توقف کارخانه رخ می دهد که پیامد خرابی بحرانی است. یکبار دیگر، شما چندین دسته بندی مختلف برای همان تجهیزات خواهید داشت که از حیاتی تا کارکرد-تا-خرابی تغییر می کند. دسته بندی نهائی تجهیز همواره به صورت پیش فرض روی بالاترین سطح قرار دارد- یعنی حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی. به شکل۵-۴-چ مراجعه کنید. در این مثال، تجهیز GHI به دو دلیل به عنوان حیاتی دسته بندی می شود: کاهش توان و توقف کارخانه. حتّی اگر توقف کارخانه جدی تر از کاهش توان باشد، من هم پیامد ها و هم دسته بندی شیر GHI را به علت توقف کارخانه یا کاهش توان بیش از ۲۵ درصد به عنوان حیاتی در نظر می گیرم.

ستون D از COFA	ستون E از COFA	ستون F از COFA	ستون G از COFA
تعریف حالتهای خرابی غالب برای هر خرابی کارکردی	آیا وقوع خرابی آشکار است؟	تعریف اثر سیستمی برای هر حالت خرابی	تعریف پیامد خرابی بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان
۱-الف- شیر در حالت بسته خراب می شود	بله	۱-الف- مبدل حرارتی X خنک سازی برای پمپ Y فراهم نمی کند که منجر به گرم شدن بیش از حد پمپ می شود.	خرابی پمپ Y منجر به کاهش ۲۵ درصدی توان به مدت حداقل ۱۰ ساعت خواهد
۱-ب- شیر در حالت باز خراب می شود	بله	۱-ب- هیچ اثر سیستمی وجود ندارد.	هیچ پیامدی برای کارخانه وجود ندارد.
۱-پ- شیر برای انتقال به حالت اضطراری خراب می شود	بله	۱- پ- مبدل حرارتی Z خنک سازی برای تجهیز اضطراری فراهم نمی کند.	خرابی مبدل حرارتی پشتیبان Z منجر به توقف کارخانه خواهد شد.

شکل ۵-۴-ج- کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA) (ادامه دارد)

این کار، قسمت اول از سفر RCM را کامل می کند و نشان می دهد که منظور از RCM چیست: شناسایی گروه تجهیزاتی که خرابی آنها می تواند منجر بر روی هر یک از معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که انتخاب کرده اید، تأثیر منفی بگذارد. کل برنامهٔ PM شما بر انتخاب فعالیت های PM قابل اجرا و مؤثر برای جلوگیری، حذف یا کاهش خرابی های این گروه از تجهیزات متمرکز خواهد شد. رسیدن به این نقطه مدتی طول کشید و هر چیزی تا اینجا در تجزیه و تحلیل، ما را به شناسایی این تجهیزات سوق داده است به طوری که خرابی آنها بتواند در معرض یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه قرار گیرد.

این مرحلهٔ ۱ از سه مرحلهٔ یک برنامهٔ RCM است که شما در فصل ۳ دربارهٔ آن آموختید. مرحلهٔ ۲ شامل فرایند تعیین فعالیت هایPM قابل اجرا و مؤثر برای این گروه از تجهیزات است. من در فصل ۶ در مورد استراتژی های فعالیت PM بحث می کنم.

۵-۴- RCM به عنوان ترجمه ای از اهداف طراحی عمل می کند

RCM را می توان در یک دیدگاه خالص، به عنوان ترجمه ای ازکارکردهای طراحی یک تجهیز در اهداف عملیاتی تأسیسات از طریق یک برنامهٔ قابلیت اطمینان مشاهده کرد. هر تجهیز، یک کارکرد طراحی خاص دارد که باید به صورتی قابل اطمینان هدف بزرگتر را برآورده کند، که هدف عملیاتی کارخانه است. هر تجهیز منحصر بفرد باید در داخل سیستم مربوطه خود درست عمل کند تا اطمینان حاصل شود که کارخانه به هدف طراحی نهائی خود را می رسد. برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ابزاری است که توسط آن این هدف محقق می شود.

ستون E از COFA	ستون F از COFA	ستون G از COFA	ستون H از COFA
آیا وقوع خرابی آشکار است؟	تعریف اثر سیستمی برای هر حالت خرابی	تعریف پیامد خرابی بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان	تعریف دسته بندی تجهیز
بله	۱-الف- مبدل حرارتی X خنک سازی برای پمپ Y فراهم نمی کند که منجر به گرم شدن بیش از حد پمپ می شود.	خرابی پمپ Y منجر به کاهش ۲۵ درصدی توان به مدت حداقل ۱۰ ساعت خواهد	به علت کاهش توان تجهیز «حیاتی» است.
بله	۱-ب- هیچ اثر سیستمی وجود ندارد.	هیچ پیامدی برای کارخانه وجود ندارد.	تجهیز « کارکرد-تا-خرابی» است.
بله	۱- پ- مبدل حرارتی Z خنک سازی برای تجهیز اضطراری فراهم نمی کند.	خرابی مبدل حرارتی پشتیبان Z منجر به توقف کارخانه خواهد شد.	به علت توقف کارخانه تجهیز «حیاتی» است.

شکل ۵-۴-چ- کاربرگ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی (COFA) (ادامه دارد)

۵-۵- تجهیزات همراه[۱]

یک کنترل و توازن مهم برای منطق RCM، اطمینان از این است که هر تجهیزِ همراه نیز به دقّت تجزیه و تحلیل شود. من تجهیزات همراه را به عنوان تجهیزات مرتبط با تجهیزات حیاتی یا بالقوه حیاتی در نظرگرفته ام. تجهیزات همراه می توانند شامل یک شیر یکطرفه ورودی یا تخلیه، یک تجهیز که یک سیگنال ورودی را ارائه می دهد یا یک تجهیز که یکی از کارکردهای تجهیزات حیاتی یا بالقوه حیاتی را پشتیبانی می کند، باشد. حتّی می تواند یک تجهیز بی ضرر مانند یک دریچهٔ بخار باشد که از زهکشی رطوبت برای تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی پشتیبانی می کند.

این اجزاء تجهیزات همراه، احتمالاً خودشان از قبل به طور مستقل به عنوان یک تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی تجزیه و تحلیل شده اند. با این حال، وقتی به عنوان تجهیز همراه در نظر گرفته می شوند، بسیار محتمل است که به طور سهوی نادیده گرفته شوند. از آنجایی که همهٔ تجهیزات بدون استثناء تجزیه و تحلیل می شوند، این یک بررسی خوب است که مطمئن شوید تجهیزاتِ مرتبط با تجهیزات حیاتی و بالقوه حیاتی نیز به درستی تجزیه و تحلیل می شوند.

یک مثال معمولی از یک موقعیت واقعی دوباره اهمیت تجهیزات همراه را نشان می دهد. در یک سیستم آب تغذیهٔ خاص، یکی از پمپ های آب تغذیه توسط یک تورین بخار راه اندازی می شود. توربین و تمام اجزای همراه آن به عنوان یک تجهیز حیاتی در تجزیه و تحلیل شناسایی شدند. در یک منبع بخار معمولی، ممکن است چند صد دریچهٔ تخلیهٔ بخار[۲]جداگانه برای حذف کنترل شدهٔ رطوبت انباشته وجود داشته باشد. مرتبط با توربین آب تغذیه، مشخص شد که خرابی دو عدد از دریچه های تخلیهٔ نسبتاً بی ضرر می تواند اجازه دهد آب تا نقطهٔ نفوذ به ورودی توربین آب تغذیه جمع شود.

اگر این اتفاق رخ بدهد، یک گلولهٔ آب فوراً حرکت توربین را کند خواهد کرد تا زمانی که خوشبینانه بدون آسیب رساندن به تیغه های پروانه از آن عبور کند. با این حال، کاهش سرعت توربین، حتّی به صورت لحظه ای، کارکرد بسیار حساسِ کنترل سرعت توربین را درگیر می کند که باعث می شود توربین سرعت را در دور مورد نیاز خود حفظ کند. زمانی که گلولهٔ آب دیگر وجود ندارد، توربین در وضعیت سرعت بیش از حد قرار دارد و زمانی که توسط کنترل سرعت احساس شود، باعث خاموش شدن توربین و همچنین توقف تأمین جریان آب تغذیه می شود. بنابراین، این دو دریچهٔ تخلیهٔ بخار، تجهیزات همراه محسوب می شوند. آن ها نه تنها به عنوان تجهیز حیاتی دسته بندی شدند، بلکه یک تغییر طراحی برای جلوگیری از وقوع وضعیت مشابه در آینده اجرا شد.

---

[۱] Companion Equipment

[۲] steam trap

۵-۶-استاندارد SAE : سند JA۱۰۱۱

انجمن مهندسان خودرو[۱](SAE) استانداردی را توسعه داد که به یک فرایند اجازه می دهد که فرایند RCM نامیده شود. دلیل اصلی این امر این بود که اصطلاح RCM برای بسیاری از پیشرفت های برنامهٔ PM به کار برده می شد که هیچ مبنای فنی و منطقی نداشتند و به طور سیتماتیک توسعه نیافته بودند. آنها مجموعه ای از تلاش های بهبود PM، یا تلاش های بازبینی PM و یا به روزرسانی های برنامهٔ PM بودند که به طور نامناسبی زیر نقاب RCM توصیف شده بودند. SAE می خواست از جداسازی این تلاش های نسبتاً خودسرانهٔ دیگر از رویکرد تعریف شده تر و کامل تر کاربرد خاص منطق RCM، اطمینان پیدا کند. در نتیجه استانداردی اساسی صادرکردند که باید برآورده شود تا یک فرایند برنامهٔ نگهداری و تعمیرات یک فرایند RCM نامیده شود.

استاندارد SAE برای RCM همانطورکه در سند JA۱۰۱۱ سازمان مشخص شده، شامل هفت سؤال اساسی زیر است :

سؤال۱: کارکردهای یک دارایی چه هستند؟

سؤال۲ : خرابی های کارکردی چه هستند؟

سؤال۳ : حالت های خرابی چه هستند؟

سؤال۴ : اثرات خرابی چه هستند؟

سؤال۵ : پیامدهای خرابی چه هستند؟

سؤال۶ : فعالیت های PM چه هستند؟

سؤال۷ : اگر یک فعالیت PM نتواند مشخص شود، چه باید کرد ؟

هرگام در منطق COFA از «پیاده سازی *RCM* به زبان ساده»، با استاندارد SAE برای RCM هماهنگ و در بسیاری از جنبه ها پیشرفته تر از آن است. پنج گام اول از هفت گام در استاندارد SAE توسط COFA پوشش داده می شود. دو گام باقیمانده در استاندارد SAE، شامل مشخص کردن فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و در صورت عدم شناسایی یک فعالیت قابل اجرا و مؤثر، شناسایی اقدامات پیش فرض[۲] است. این دو گام در فصل ۶ پوشش داده شده است. استاندارد SAE همچنین به دو «مورد باقیمانده» اشاره می کند، همانطورکه در آن استاندارد به آنها اشاره شده است. این دو مورد باقیمانده به تعیین بازه های انجام فعالیت[۳] و

[۱] Society of Automotive Engineers

[۲] default actions

[۳] task intervals

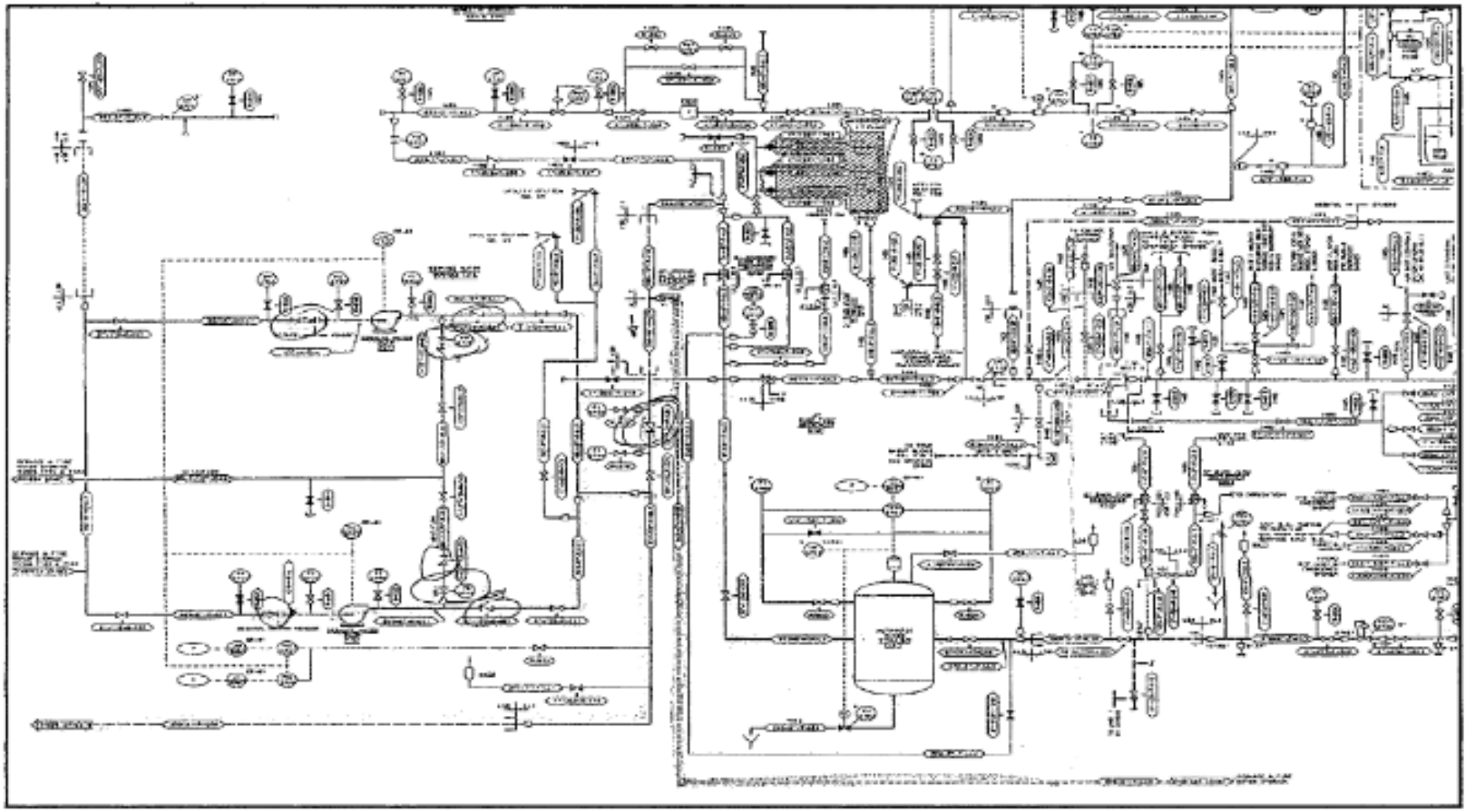
ایجاد یک بازنگری مداوم فرایند **RCM**[1] مربوط است. بازه های فعالیت ها در فصل ۶ و فرایند بازنگری مستمرRCM در فصل ۸ پوشش داده شده است.

۵-۷-یک تجزیه و تحلیل واقعی: جلوگیری از یک پیامد بالقوه ویرانگر برای کارخانه

شکل۵-۵ یک نمودار معمولی برای یک سیستم آب سرویس[2] است. سیستم آب سرویس به خودی خود به احتمال زیاد با توجه به بیشتر برنامه های RCM و مطابق با نظر مشاوران RCM یک سیستم مطرود خواهد بود. قانون ۸۰/۲۰ از RCM مختصر شده[3]، که به موجب آن ۸۰ درصد کارخانه از بررسی حذف و فقط ۲۰ درصد آن تجزیه و تحلیل می شود، و سایر نسخه های مختصر شدهٔ RCM احتمالاً هرگز به تجهیزات این سیستم نگاه نخواهند کرد. چقدر اشتباه خواهد بود. هر برنامهٔ RCM که تجزیه و تحلیل این سیستم را در نظر نگیرد، یک پیامد اصلی برای کارخانه را از دست خواهد داد. یک یافتهٔ بسیار قابل توجه در یک تجزیه و تحلیل واقعی RCM در این سیستم شناسایی شد، و این دقیقاً دلیلی است که من از این مثال واقعی استفاده می کنم که با هم تجزیه و تحلیل خواهیم کرد. من به طور خلاصه این سناریو را در فصل ۱ بررسی کردم، امّا اکنون بیایید نگاهی عمیق تر به آن بیندازیم، با درکی عمیق تر از آنچه از فصل ۱ آموخته ایم و مهارت های تجزیه و تحلیل RCM خود را به کار ببریم.

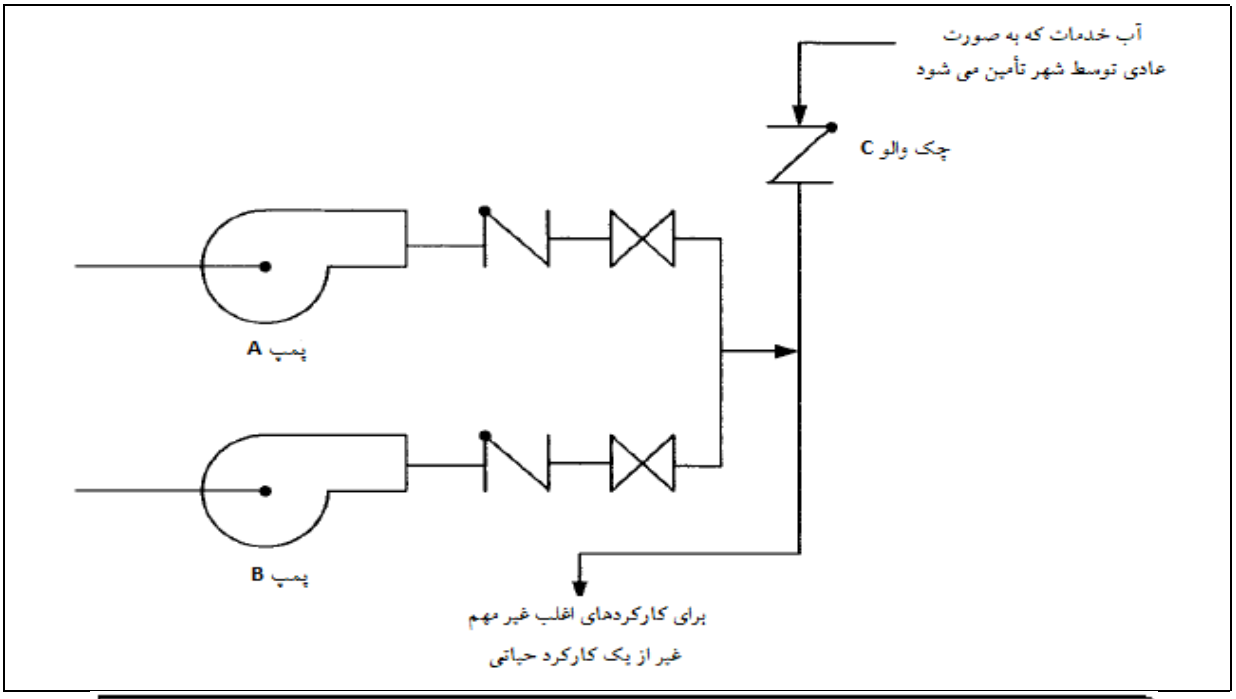
سیستم آب سرویس، تأمین آب سرویس معمولی خود را از ناحیهٔ آب شهری محلی دریافت می کند. این سیستم نیز دو پمپ آب سرویس دارد که می توانند در صورتی که تأمین آب شهری دستخوش تعمیرات شود و به عنوان یک منبع آب در دسترس نباشد، آب سرویس را از یک مخزن ذخیرهٔ جایگزین تأمین کنند. بیشتر تجهیزات این سیستم برای تأمین آب سرویس برای توالت ها، آبخوری ها و سایر کارکردهای نسبتاً بی اهمیت و غیر حیاتی به غیر از یک کارکرد بسیار حیاتی کار می کنند.

[1] continuous review of the RCM process
[2] service water system
[3] truncated RCM



شکل ۵-۵- یک نقشهٔ نوعی

کل مسیر جریان آب سرویس به چندین نقشهٔ اضافی گسترش پیدا می کند، بنابراین برای وضوح، من این مسیر جریان را دوباره ترسیم و ساده کرده ام که در شکل ۵-۶ نشان داده شده است. اجازه دهید تجزیه و تحلیل خود را با یک شیر یکطرفه نسبتاً بی ضرر واقع در مرکز نقشهٔ شکل ۵-۵ شروع کنیم که در شکل ۵-۶ به عنوان شیر یکطرفه C نشان داده شده است. این جائی است که ما وارد کردن داده های موجود درکاربرگ COFA را برای شیر یکطرفهC آب سرویس آغازمی کنیم. به شکل ۴-۲ مراجعه کنید. ما همچنین نیاز داریم که به درخت منطق COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم همانطور که در شکل های ۵-۲-ب و ۵-۲-پ نشان داده شده، مراجعه کنیم. هرگام از کاربرگ COFA به شرح زیر توضیح داده شده است.



شرایط سیستم:

- در طول عملیات عادی سیستم آب خدمات توسط شهر تأمین می شود.
- شیر یکطرفه C در اثر چسبیدن دیسک در موقعیت باز خراب می شود.

ملاحظات تجزیه و تحلیل :

- خرابی شیر یکطرفه C در موقعیت باز پنهان است زیرا هیچ نشانه ای از خرابی وجود ندارد.
همچنین تا زمانی که آب خدمات توسط شهر تأمین می شود، پیامدی ناشی از خرابی آن در موقعیت باز وجود ندارد.
- حتّی هنگامی که پمپ های A و B به صورت دوره ای تست می شوند، تا زمانی که آب خدمات توسط شهر تأمین می شود، شیر یکطرفه خراب شده در موقعیت باز هنوز هم پنهان است.
- با این وجود، با یک خرابی اضافی مانند قطع خط آب عادی شهر به سیستم که به صورت سهوی توسط اپراتور ماشین حفاری در حین عملیات ساخت یا نگهداری و تعمیرات شهری ایجاد شده، یک انحراف از آب خدمات به یک کارکرد مهم سیستم وجود خواهد داشت.

نتایج تجزیه و تحلیل :

- اثرخرابی شیر یکطرفه C در موقعیت باز در حین عملیات عادی سیستم به عنوان « بالقوه حیاتی» در نظر گرفته می شود زیرا خرابی آن «پنهان» است و تا زمان رخ دادن خرابی اضافی ثانویه پیامدی برای کارخانه رخ نخواهد داد. در اصل، یک کارگر ساختمانی شهری دورافتاده می تواند باعث توقف برنامه ریزی تشدهٔ دو واحد تولیدی شود.

شکل ۵-۶-دفع یک پیامد بالقوه مخرب

اولین ستون روی کاربرگ COFA شناسهٔ عددی I.D. و شرح تجهیز را مشخص می کند.

شناسه و تعریف تجهیز.

شناسهٔ شیر: C

سیستم آب سرویس

شیر یکطرفه

در ستون B از COFA ما تمام کارکردهای تجهیز را شرح می دهیم.
همهٔ کارکردهای تجهیز را شرح دهید.

۱-ایجاد یک مسیر جریان از منبع آب شهری به سیستم آب سرویس برای فراهم نمودن آب سرویس برای توالت ها و آبخوری ها و بیرینگ های پمپ های آب گردشی.
-۲ فراهم نمودن جداسازی از سیستم آب سرویس زمانی که منبع آب شهری در دسترس نیست.

در ستون Cاز COFA ما همهٔ راه هایی را توضیح می دهیم که هر کارکرد می تواند از دست برود.
راه هایی را که هر کارکرد ممکن است از کار بیفتد، توضیح کنید.

- شکست در ارائهٔ یک مسیر جریان از منبع آب شهری به سیستم آب سرویس برای فراهم نمودن آب سرویس برای توالت ها و فواره ها و بیرینگ های همهٔ پمپ های آب گردشی.
- شکست در فراهم نمودن جداسازی از سیستمِ آب سرویس زمانی که منبع آب شهری در دسترس نیست و پمپ های آب سرویس در حال کار هستند.

در ستون D از COFA ما حالت های خرابی غالب را برای هر خرابی کارکردی توصیف می کنیم.
حالت های خرابی غالب را برای هر خرابی کارکردی توصیف کنید.

- شیر یکطرفه در موقعیت بسته خراب می شود.
- شیر یکطرفه در موقعیت باز خراب می شود.

در ستون E تعیین می کنیم که آیا وقوع خرابی آشکار است یا خیر. به درخت منطقی COFA در شکل۵-۲-الف مراجعه کنید.
آیا وقوع حالت خرابی آشکار است ؟

- وقوع خرابی شیر یکطرفه در موقعیت بسته توسط ابزار دقیق جریان کم در اطاق کنترل آشکار خواهد شد.
- خرابی شیر یکطرفه در موقعیت باز آشکار نخواهد شد. این خرابی پنهان خواهد بود زیرا تا زمانی که منبع آب شهری جریان آب را فراهم می کند، خرابی شیر یکطرفه در موقعیت باز آشکار نخواهد شد. اگر شیر در موقعیت باز خراب باشد، هیچ نشانه ای از خرابی وجود ندارد و هیچ پیامد عملیاتی سیستم وجود ندارد. حتّی زمانی که پمپ های A و B به صورت دوره ای کار می کنند، تا زمانی که فشار آب

سرویس از منبع آب شهری در دسترس باشد، خرابی شیر یکطرفه در موقعیت باز هنوز هم آشکار نخواهد شد.

در ستون F ما اثر سیستمی برای هر حالت خرابی توضیح می دهیم.
اثر سیستمی را برای هر حالت خرابی توضیح دهید.

- اگر شیر یکطرفه در موقعیت بسته خراب باشد، آشکار خواهد بود و پمپ های آب سرویس برای تأمین آب سرویس در دسترس خواهد بود، بنابراین هیچ اثر سیستمی وجود ندارد.
- اگر شیر یکطرفه در وضعیت باز خراب باشد، پنهان است امّا تا زمانی که تأمین آب سرویس توسط سیستم آب شهری ادامه پیدا کند، هیچ اثر سیستمی وجود ندارد.

در ستون G ما پیامد خرابی را بر اساس معیارهای دارایی تعیین شده توصیف می کنیم. به منطق COFA و راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی در شکل های ۵-۲-الف و ۵-۲-ب مراجعه کنید.
پیامد خرابی را بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان دارایی تعیین شده توصیف کنید (به درخت منطقی COFA مراجعه کنید).

- طبق درخت منطقی COFA، هیچ پیامد خرابی ایمنی، عملیاتی یا اقتصادی وجود ندارد. بنابراین، بر اساس حالت خرابی ۱، این یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی است.
- خرابی پنهان است و طبق درخت منطقی COFA، ما به راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی هدایت می شویم که می پرسد «آیا ممکن است خرابی تجهیز در همراهی با یک خرابی اضافی یا یک رویداد آغازگر به پیامدی ناخواسته منجر شود که تأثیر نامطلوب مستقیمی بر یک یا چند معیار قابلیت اطمینان دارایی داشته باشد؟»

بیایید پاسخ این سؤال را بیابیم. با شیر یکطرفه C خراب شده در موقعیت باز، ما مشخص کردیم که هیچ اثر سیستمی وجود نخواهد داشت زیرا آب سرویس همواره توسط شهر یا توسط پمپ های آب سرویس از طریق مخزن آب سرویس جایگزین تأمین خواهد شد.
با این حال، چه اتفاقی رخ می دهد اگر یک خرابی اضافی مانند ترکیدن خط آب شهری وجود داشته باشد؟ این امر می تواند به راحتی اتفاق بیفتد اگر یک کارگر از گروه ساختمانی یا یکی از کارگران شهری که برای خود شهرداری کار می کند، در حال کار با یک بیل مکانیکی باشد و به طور ناخواسته خط تأمین آب شهری به کارخانه را بترکاند. با نگاهی به نقشهٔ ساده شده در شکل ۵-۶، دو پمپ آب سرویس شروع به کار می کنند امّا یک انحراف جریان آب سرویس از پمپ ها از طریق شیر یکطرفه خراب شده در موقعیت باز وجود خواهد داشت. این به نوبهٔ خود منجر به از دست رفتن آببند بیرینگ برای همهٔ پمپ های آب گردشی از هر دو واحد

خواهد شد. بنابراین، پیامد این خرابی اضافی دوم در ترکیب با خرابی شیر یکطرفه در موقعیت باز، توقف یک واحد دوگانه خواهد بود. پاسخ به سؤال در راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی بله است ! پاسخ به سؤال در ستون G توقف یک واحد دوگانه از دو واحد تولید به طور همزمان است.

این سناریوی واقعی نشان می دهد که چگونه یک تجهیز نسبتاً بی ضرر، که خرابی آن پنهان بود، که حتّی آن را بی ضررتر می سازد، پتانسیل ایجاد یک پیامد جدی را دارد. این سناریو همچنین نشان می دهد که چطور همان تجهیز می تواند یک حالت خرابی داشته باشد که به عنوان کارکرد-تا-خرابی دسته بندی می شود ، امّا حالت خرابی دیگر آن بالقوه حیاتی است.

در ستون H ما دسته بندی تجهیز را تعریف می کنیم.

دسته بندی تجهیزات را شرح دهید.

تجهیز به علت امکان خاموشی همزمان واحد دوگانه به عنوان بالقوه حیاتی دسته بندی می شود.

به طور آشکار، این یک فاجعهٔ در انتظار رخ دادن بود. تا زمانی که یک اپراتور بی کفایتِ بیل مکانیکی در حالی که شیر یکطرفه C در وضعیت باز خراب است، خط لولهٔ آب شهری را پاره نکند، این رویداد ویرانگر رخ نخواهد داد و هیچکس هرگز این آسیب پذیری را تشخیص نخواهد داد. امّا فقط تصور کنید که خط آب شهری به طور سهوی پاره شود، در حالی که شیر یکطرفه C در حالت سلول مخفی خود در حالت باز خراب شده است. همانطور که من چندین بار در فصل های گذشته اشاره کردم، این خرابی «آشکار» نیست که باعث بزرگترین بلاها می شود بلکه خرابی «غیر آشکار» است! و معمولاً فقط به زمان نیاز است که قانون مورفی[1] اجرا شود.

اگر این مصیبت پیش می آمد، علاقه و کنجکاوی مدیریت ارشد، مسؤول نگهداری و تعمیرات و هر کس زیر دست او را جلب می کرد که باید این حادثه را توضیح می دادند. یک گزارش ارزیابی علل ریشه ای، احتمالاً کمتر از ۶ اینچ ضخامت، که مستلزم صدها نفر ساعت کار برای آماده سازی آن بود، ضرورت بیشتری را پیدا می کرد.

این مثال واقعی همچنین اهمیت مفهوم تجهیزات بالقوه حیاتی را برجسته می کند. بیشتر برنامه های RCM این آسیب پذیری را شناسایی نکرده اند. پیدا کردن این آسیب پذیری و ایجاد یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا احتمالاً اجرای یک تغییر طراحی پیش از وقوع پیامد همهٔ آن چیزی است که «پیاده سازی ***RCM*** به زبان ساده» درمورد آن است.

[1] Murphy law

۵-۸- چرا روش های ساده شده RCM[۱] توصیه نمی شوند؟

مورد شیر یکطرفه آب سرویس که در اینجا تجزیه و تحلیل شد، فقط یک مثال نوعی است. اگر قصد دارید تلاش خود را برای ارتقاء برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ خود به خرج دهید، چرا فقط به یک بهبود حاشیه ای بسنده کنید، زمانی که اساساً با همان تلاش می توانید حداکثر ارتقاء را برداشت کنید؟ جلوگیری از خاموشی یک واحد دوگانه به خودی خود دلیل کافی است برای عدم پیگیری نسخه های ساده شده ای که عملاً هیچ شانسی برای یافتن آن آسیب پذیری ندارند. تعداد بسیار بیشتری از این موقعیت ها وجود دارند که فقط منتظر رخ دادن هستند. بعضی از اقتباس های رایج RCM ساده شده عبارتند از نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر[۲](TPM)، نگهداری و تعمیرات بر مبنای قابلیت اطمینان[۳](RBM) ، نگهداری و تعمیرات مبتنی بر تجزیه و تحلیل آماری ایمنی[۴](PSA) و قانون ۸۰/۲۰. اینها در صورتی قابل قبول هستند که شما بخواهید ریسک های بزرگی را بپذیرید و نمی خواهید که آسیب پذیری های واقعی تأسیسات خود را کنار بگذارید. بیایید به طور خلاصه به ویژگی های عمومی هر یک از این روش ها نگاهی بیندازیم، کاستی ها واضح خواهند شد.

۵-۸-۱- نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر

این نسخهٔ ساده شامل تیم های خودگردانی[۵] است که نمایندگانی از عملیات، نگهداری و تعمیرات و مهندسی را در بر می گیرد. این تیم ها تعیین می کنند که روی چه تجهیزاتی کار انجام شود و برای چه زمانی برنامه ریزی شود. پایبندی همه جانبه به هر منطق تجزیه و تحلیل رسمی کنار گذاشته می شود. این روش، شکلی از نگهداری و تعمیرات بر اساس بهترین گمانه زنی است. البته، برخی از اعضای تیم ها ممکن است تجربهٔ قابل توجهی با برخی از تجهیزات داشته باشند، امّا کامل بودن و دقت آن همین اندازه است.

۵-۸-۲- نگهداری و تعمیرات بر مبنای قابلیت اطمینان

این نسخه با ارزیابی برنامهٔ PM فعلی شروع می شود و نوعی تجسمِ نگهداری و تعمیرات از آنچه که برنامهٔ PM باید در آینده به نظر برسد، ساخته می شود. سپس، RCM به صورت جسته و گریخته بر روی تجهیزاتی به کار گرفته می شود که بخشی از این تجسم بودند.

[۱] Streamlined RCM Methods
[۲] Total Productive Maintenance
[۳] Reliability-Based Maintenance
[۴] Probabilistic Safety Analysis
[۵] ownership teams

۵-۸-۳- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر تجزیه و تحلیل ایمنی احتمالی

این اقتباس، روش های احتمالی را به کار می گیرد که معمولاً مربوط به یک مفهوم ایمنی خاص است. پیامد های عملیاتی معمولی و مسائل ایمنی پرسنل به طور معمول در مدل PSA گنجانده نشده است. این نهایتِ سخت گیری است. به عنوان مثال، PSA در درجهٔ اول برای تعیین احتمال یک گداخت هسته ای[۱] استفاده می شود که یک موضوع ایمنی بسیار مهم در یک محیط هسته ای است. امّا استحکام PSA برای بقیهٔ تجهیزات و سیستم هایی که مستقیماً با یک گداخت هسته ای مرتبط نیستند، وجود ندارد.

۵-۸-۴- قانون ۸۰/۲۰

این قانون، قطعاً ریسک بالایی دارد. تلاش برای این گزینهٔ ساده سازی برنامهٔ شما، حتّی RCM با دورترین معنای آن نیست. اینجاست که ۸۰ درصد کارخانه نادیده گرفته می شود و فقط ۲۰ درصد کارخانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد زیرا طرفداران این نسخه معتقدند که فقط ۲۰ درصد کارخانه به اندازهٔ کافی برای ارزیابی مهم است. من این قانون را به خریدن بیمه خودرو تشبیه می کنم که شما را فقط زمانی بیمه می کند که شما با سرعت ۶۵ مایل بر ساعت در یک بزرگراه رانندگی می کنید یا زمانی که شما در ترافیک سنگین رانندگی می کنید که احتمال وقوع تصادف وجود دارد. شما در زمان رانندگی در جاده های خاکی یا رانندگی به آرامی در محله خود به طرف محل کار یا بالعکس یا رانندگی در جاده های غیر شلوغ بیمه نمی شوید زیرا فرض بر این است که شما تحت این شرایط تصادفی نخواهید داشت. خطر نداشتن پوشش بیمه ای در این زمان ها را تصور کنید. آیا این آرامش بخش به نظر می رسد؟

بسیاری از افراد فکر می کنند تا زمانی که از منطق RCM مناسب در جائی از تجزیه و تحلیل خود استفاده می کنند، می توانند حتّی نسخهٔ کلاسیک RCM را ساده کنند، چه آن رویکرد کلاسیک در سطح سیستم شروع شده باشد و چه در سطح تجهیز. این RCM نیست، در عوض، این یک رویکرد گلچین کردن است که فقط شامل سیستم ها و تجهیزاتی است که می خواهند تجزیه و تحلیل کنند.

من معتقدم که نسخه های سادهٔ RCM فقط آنچه را که قبلاً شناخته شده است، تقویت می کند. هر تأسیساتی، سیستم ها و تجهیزات مشکل ساز «شناخته شدهٔ» خود را دارد که خرابی آنها ممکن است منجر به پیامد های نامطلوب کارخانه شود. شناسایی این گروه از تجهیزات نیاز به بینش وسیعی ندارد. تجربه قبلاً به آن توجه کرده است.

همچنین، این اعتقاد شخصی من است که علاوه بر آماده بودن برای سیستم ها و تجهیزاتی با مشکلات شناخته شده، ایمنی و قابلیت اطمینان کارخانه به طور مستقیم با آسیب پذیری هایی مرتبط است که هنوز شناسایی نشده اند زیرا پیامدهای خرابیِ پیرامون آن آسیب پذیری ها هنوز رخ نداده است.

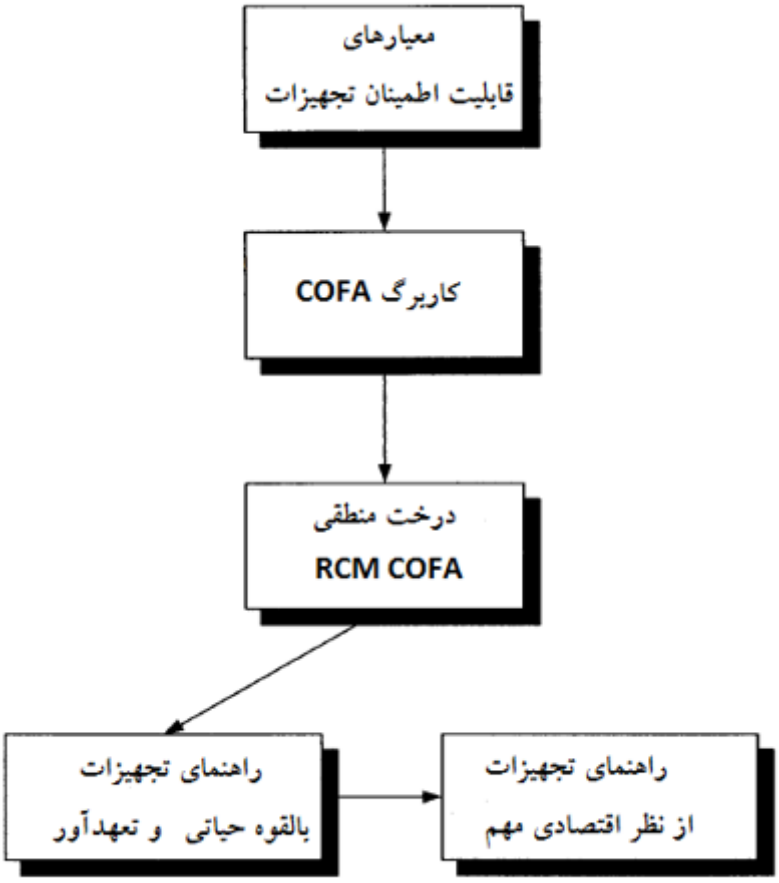
[۱] core melting down

نسخه های ساده شدهٔ فرایند RCM به احتمال زیاد باعث می شوند که آن آسیب پذیری های کارخانه ناشناس باقی بمانند تا ...

«پیاده سازی *RCM* به زبان ساده»، کلاً دربارهٔ یافتن این آسیب پذیری ها است قبل از اینکه رخ بدهند و منجر به یک پیامد خرابی ناخواسته شوند.

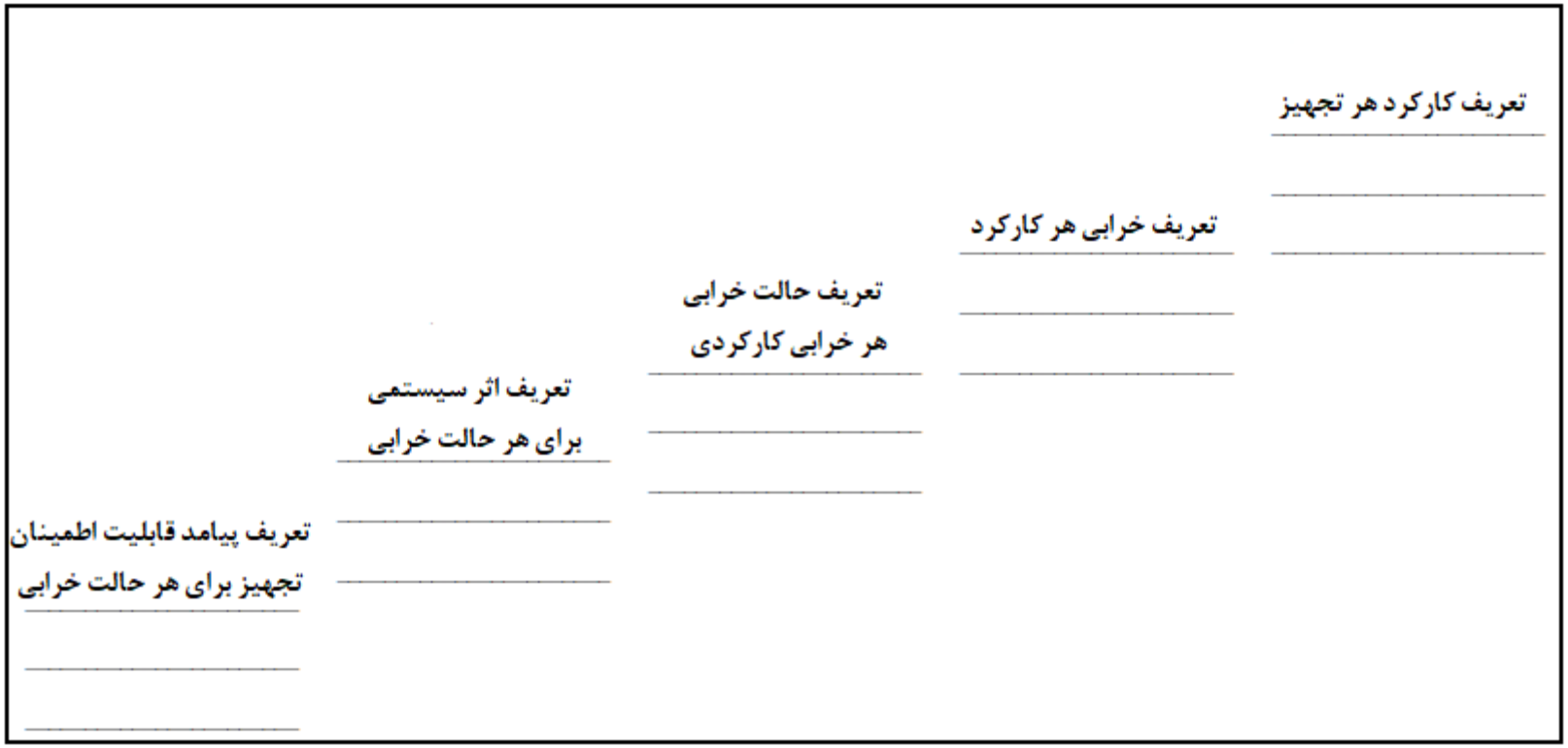
۵-۹-خلاصهٔ فصل

یکبار دیگر، ما در این فصل موارد زیادی را پوشش دادیم، امّا به شیوه ای بسیار سرراست و منطقی، پس بیایید نکات برجسته را مرور کنیم. به شکل های ۵-۷-الف و ۵-۷-ب مراجعه کنید.



شکل ۵-۷-الف –درخت منطقی تصمیم گیری RCM ساده شده

- RCM محرک یک استراتژی قابلیت اطمینان برای شرکت است.
- اولین گام در پیاده سازی برنامهٔ RCM، تعریف صریح و دقیق و کامل معیارهایی است که مدیریت ارشد شما مایل به حفظ آنها است. اکیداً توصیه می شود که شما یک یادداشت داخلی رسمی برای امضای همهٔ افراد مسؤول اجرایی برای توافق در مورد آنچه که انتخاب کرده اید، ارائه دهید.



برای شناسایی پیامد خرابی RCM شکل ۵-۷-ب-توالی منطقی

• شکل ۵-۱ معیارهای معمول قابلیت اطمینان دارایی را فهرست می کند. معیارهای ایمنی کارکنان، عموم مردم و کارخانه، اجباری[1]است. بقیهٔ معیارها، معیارهای عملکردی هستند.

• این کاملاً قابل قبول است که شرایط احراز صلاحیت را در معیارهایی که انتخاب می کنید، قرار دهید، مانند وقفه در خط تولید یا مونتاژ با مدت زمان کمتر از ۱۵ دقیقه ، ۳۰ دقیقه یا ۱ ساعت، یا کاهش توان کمتر از ۱ درصد، ۵ درصد یا ۱۰ درصد. همچنین هر گونه شرایط احراز صلاحیت که شما انتخاب می کنید، باید تأیید مدیریت ارشد را داشته باشد.

• برنامهٔ PM شما متشکل از تجهیزاتی است که به عنوان ایمنی یا عملکرد حیاتی، ایمنی یا عملکرد بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی دسته بندی می شوند.

• درخت منطقی RCM COFA واقعاً همان «پیاده سازی RCM به زبان ساده» است. یک فرایند منطقی پیچیده به عناصر اساسی آن ساده شده است و در عین حال تکامل، دقّت و وضوح آن افزایش یافته است.

• راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و از نظر اقتصادی مهم با درخت منطقی COFA یکپارچه شده است تا سادگی را برای شناسایی پیامدهای خرابی پنهان و پیامدهای صرفاً اقتصادی حفظ کند.

• کاربرگ COFA با توصیف همهٔ کارکردهای تجهیز آغاز می شود.

• یک خرابی کارکردی مربوط به هر کارکرد تجهیز وجود دارد.

• یک حالت خرابی مربوط به هر خرابی کارکردی وجود دارد. یک تجهیز برای هر خرابی کارکردی متفاوت یک حالت خرابی مرتبط خواهد داشت.

• حالت های خرابی آنهایی هستند که غالب هستند، یا احتمال رخ دادن آنها زیاد است. آنها شامل حالت های خرابی غیرمحتمل یا غیرواقع بینانه نمی شوند. حالت های خرابی، انواع خرابی یا راه هایی هستند که یک تجهیز ممکن است خراب شود. برای مثال، حالت های خرابی شامل «شیر در موقعیت بسته خراب می شود» ، «شیر در موقعیت باز خراب می شود» ، «سوئیچ فعال نمی شود» ، «سوئیچ پیش از موعد فعال می شود» و یا «پمپ روشن نمی شود» می شود.

• برای هر حالت خرابی یک اثر سیستمی وجود ندارد.

• برای هر حالت خرابی یک پیامد ناخواسته وجود ندارد.

• یک تجهیز با یک حالت خرابی که منجر به یک پیامد ناخواسته می شود به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی دسته بندی می شود.

• RCM کارکردهای طراحی یک تجهیز را از طریق یک برنامهٔ قابلیت اطمینان به اهداف عملیاتی تأسیسات ترجمه می کند.

[1] mandatory

•«پیاده سازی RCM به زبان ساده» در همخوانی کامل با و از بسیاری جنبه ها پیشرفته تر از استاندارد SAE برای RCM است، همانطورکه در سند JA۱۰۱۱ مشخص شده است.

• نسخه های ساده شدۀ RCM برای شناسایی آسیب پذیری های کارخانه یا تأسیسات شما به اندازۀ کافی قوی و جامع نیستند. ایمنی و قابلیت اطمینان کارخانه مربوط به آسیب پذیری هایی هستند که هنوز شناسایی نشده اند، زیرا پیامدهای خرابی پیرامون آن آسیب پذیری ها هنوز رخ نداده اند.

۵-۱۰- RCM دشوار شده[۱]

اکنون ممکن است با خود فکر کنید که این یک زیر فصل عجیب است. همینطور است. با این حال، در فصل ۳ اشاره کردم که من روش قدیمی توسعۀ یک برنامۀ RCM را برای آن دسته از خوانندگانی که ترجیح می دهند از فرمت FMEA برای شناسایی کارکردها در سطح سیستم و ایجاد مرزها و رابط ها که بخشی ضروری از تجزیه و تحلیل هستند، استفاده کنند، خواهم گنجاند اگر شما شناسایی کارکردهای سیستم را به جای کارکردهای تجهیز با استفاده ازCOFA انتخاب کنید. هر دو روش صحیح است. با این حال، تعریف مرزهای سیستم، رابط ها و کارکردها در سطح سیستم و زیر سیستم بسیار دشوارتر است و به تخصص RCM بسیار بیشتری نیاز دارد. اگر شما آن تخصص را دارید، روش دشوارترRCM ممکن است برای شما مناسب باشد.

تفاوت بین این دو روش، مشابه با سناریوی های زیر است. برخی از افراد ترجیح می دهند که از خط کش محاسبۀ قدیمی[۲] به جای یک ماشین حساب الکترونیکی استفاده کنند. استفاده از یک خط کش محاسبۀ قدیمی اشکالی ندارد، بالاخره، این خط کش برای چندین سال مد روز بوده است. حتّی اگر شما مجبور باشید به صورت دستی تصمیم بگیرید که نقطۀ اعشار در کجا قرار می گیرد و مجبور باشید برای رسیدن به یک عدد صحیح روی آن به چپ و راست بروید، روش قابل قبولی برای استفاده است. به صورت مشابه، برخی از افراد با استفاده از تلفن های دو شاخه ای قدیمی احساس راحتی بیشتری می کنند. آنها ترجیح می دهند که بدانند سیم برق متصل شده است. با این حال برخی دیگر، به گوشی های تلفن بی سیم پیشرفت کرده اند. با این حال، هر دو خوب کار می کنند. صرفنظر از اینکه شما روش قدیمی RCM کلاسیک را انتخاب می کنید یا روش سادۀ RCM کلاسیک را، هیچ میانبری مجاز نیست. نسخه های ساده شده ای که به موجب آن شما سیستم ها و تجهیزات خاصی را برای تجزیه و تحلیل گلچین می کنید در هر دو مورد تأیید نمی شوند.

برای آن دسته از خوانندگانی که می خواهند به قالب FMEA پایبند باشند، توسعۀ برنامۀ RCM کلاسیک باید شامل موارد زیر باشد:

---

[۱] RCM Made Difficult

[۲] slide rule

۵-۱۰-۱-تعیین مرزهای سیستم[۱]

کارخانه باید به سیستم های مجزا امّا دلخواه تقسیم شود که شامل علامت گذاری نقشه های P&ID کارخانه بر اساس آن است. مرزهای دلخواه کل سیستم را در بر می گیرد و در نقشه های P&ID نشان داده می شود. مرز یک سیستم باید شامل هر چیز ضروری باشد تا سیستم کارکرد خود را انجام دهد.

نقاط مرزی سیستم بر روی نقشه های P&ID مربوطه ذکر می شوند و سپس در برگه های رابط مشخص می شوند. مرزبندی ها به گونه ای ترسیم می شوند که تجهیزات کنترل شده و کنترل کننده ها و ابزار دقیق مرتبط با آنها در داخل مرز سیستم قرار می گیرند. مرزها معمولاً در یک شیر ترسیم می شوند، که اگر کارکرد شیر برای جداسازی سیستم است، به عنوان بخشی از سیستم در حال تجزیه و تحلیل گنجانده می شود. ده ها نقطهٔ مرزی دلخواه وجود دارند که باید برای هر سیستم شناسایی شوند تا آن سیستم مجزا را محصور کنند. گاهی اوقات مرزها به فراتر از آنچه که در یک نقشهٔ معین نشان داده شده گسترش می یابد تا شامل تجهیزاتی باشد که با منطق سیستم یکپارچه هستند. همهٔ تجهیزات درون مرز سیستم به عنوان بخشی از پایگاه داده برای آن سیستم خاص گنجانده می شوند. یک تجهیز می تواند فقط در یک سیستم قرار داشته باشد.

۵-۱۰-۲-تعیین مرزهای زیر سیستم[۲]

سیستم های کارخانه غالباً از تعداد زیادی تجهیز تشکیل می شوند که کارکردهای مختلفی را برای پشتیبانی از کل عملیات سیستم انجام می دهند. تقسیم بندی به زیر سیستم ها، به ایجاد گروه بندی از تجهیزاتی که با انجام دادن یک کارکرد خاص در داخل سیستم مرتبط هستند، اشاره دارد. همهٔ ابزار دقیق و تجهیزاتی که برای زیر سیستم ضروری هستند تا کارکرد خود را انجام دهد، در داخل مرز زیر سیستم گنجانده می شود. دلیل اصلی برای تقسیم بندی به زیرسیستم ها این است که شما می توانید برش های کوچکتری از یک سیستم بزرگتر را تجزیه و تحلیل کنید. نقاط مرزی دلخواه متعددی در زیر سیستم وجود دارند که باید برای هر زیر سیستم شناسایی شوند تا آن زیر سیستم مجزا را در داخل سیستم کلی بزرگتر محصور کنند. یک تجهیز فقط می تواند در یک زیر سیستم قرار بگیرد.

۵-۱۰-۳-تعیین رابط ها[۳]

ایجاد مرزها همچنین شامل شناسایی ورودی های مکانیکی، الکتریکی و پنوماتیکی مهم و یا رابط های سیگنال های کنترلی[۴] است. این ورودی ها، برای کارکرد صحیح تجهیزات زیر سیستم ضروری هستند. تمام نقاط مرزی

---

[۱] Determine system boundaries
[۲] Determine subsystem boundaries
[۳] Determine interfaces
[۴] control signal interfaces

به عنوان رابط های مرزی درون سیستمی[۱] یا رابط های مرزی برون سیستمی[۲] مشخص می شوند. اگر تجهیز، نقطهٔ مرزی یک کارکرد را از زیر سیستم دیگر برای زیر سیستم در حال تجزیه و تحلیل فراهم می کند، آن تجهیز یک رابط مرزی درون سیستمی است. اگر تجهیز نقطهٔ مرزی یک کارکرد را از زیر سیستم در حال تجزیه و تحلیل برای زیر سیستم دیگری فراهم می کند، آن تجهیز یک رابط برون سیستمی است. رابط های مرزی برون سیستمی متعلق به سیستم در حال تجزیه و تحلیل هستند. رابط های مرزی درون سیستمی به زیر سیستم در حال تجزیه و تحلیل تعلق ندارند. آنها به زیر سیستمی تعلق دارند که بر کارکرد آنها حاکم است.
تجهیزات رابط مرزی برای تعیین مرزبندی دقیق هر سیستم و زیر سیستم مشخص می شوند به طوری که در هنگام تجزیه و تحلیل سیستم های دیگر هیچ تجهیزی از قلم نیفتد.

۵-۱۰-۴-تعیین کارکردها[۳]

هنگامی که سیستم ها به زیر سیستم های کوچک تر تقسیم می شوند، کارکردهای سیستم در سطح زیر سیستم مشخص می شوند. تعیین کارکردهای زیر سیستم، گام مهمی در تجزیه و تحلیل RCM است، زیرا حفظ این کارکردها هدف برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. تعاریف کارکرد توصیف می کند که سیستم و زیر سیستم چه کاری باید انجام دهند. معیارهای تعریف کارکردها را می توان با برخی از موارد زیر مشخص کرد:

- رابط ها به داخل زیر سیستم که باید پشتیبانی شوند
- رابط ها به خارج از زیر سیستم که در اختیار سیستم دیگری قرار می گیرند
- رابط های داخلی که زیر سیستم به عنوان ورودی برای زیر سیستم دیگری در همان سیستم فراهم می کند

نمونه ای از یک رابط به داخل زیر سیستم که باید پشتیبانی شود، به شرح زیر است:
هنگام تجزیه و تحلیل زیر سیستم پمپ سیرکوله[۴] از یک سیستم آب سیرکوله، یک رابط داخلی آب سرویسی است که توسط سیستم آب سرویس تأمین می شود. این امر به نوبهٔ خود مستلزم این است که یک کارکرد در هنگام تجزیه و تحلیل سیستم آب سرویس برای« تأمین آب سرویس برای پمپ های آب سیرکوله» تعریف شود.
نمونه هایی معمولی از کارکردهای زیر سیستم می تواند شامل موارد زیر باشد :

[۱] in-system boundary interfaces
[۲] out-system boundary interfaces
[۳] Determine functions
[٤] circ pump subsystem

- «فراهم کردن جریان کافی برای کندانسور اصلی[1]».
- «فراهم کردن شویندهٔ فیلتر برای تمیز نمودن میله ها و فیلترهای انتقال».

نمونه ای از یک رابط داخلی که به عنوان ورودی برای زیر سیستم دیگری در همان سیستم مهیا شده به شرح زیر است:

- در زیر سیستم پمپ سیرکوله، یک رابط داخلی سیگنال های اینترلاکی است که از زیر سیستم کندانسور و تخلیه از همان سیستم آب سیرکوله مهیا شده است. این رابط ها، برای زیر سیستم پمپ سیرکوله کارکردهای زیر سیستم کندانسور و زیر سیستم تخلیه هستند.

۵-۱۰-۵-تعیین خرابی های کارکردی[2]

تعیین خرابی های کارکردی همان فرایندی است که در فرایند RCM کلاسیک ساده شده مورد استفاده قرار می گیرد. این کار، اساساً برعکس کارکرد است. به عنوان مثال، اگر کارکرد به صورت «فراهم کردن جریان کافی برای کندانسور اصلی» نوشته شود، خرابی کارکردی به صورت «شکست در فراهم کردن جریان کافی برای کندانسور اصلی» نوشته می شود.

۵-۱۰-۶-تعیین تجهیزاتی که مسؤول خرابی های کارکردی هستند

این گام، گامی از فرایند است که در آن شما باید دقیقاً تعیین کنید که چه شناسه تجهیزی مسؤول خرابی کارکردی است. شما باید مشخص کنید که کدام تجهیز است که خرابی آن منجر به شکست کارکرد می شود. گام های باقیماندهٔ تعیین حالت های خرابی غالب، اثرات سیستم و پیامدهای کارخانه مشابه فرایندی است که قبلاً در این فصل توضیح داده شد.

این به شما یک نشانهٔ بسیار روشن می دهد که چرا من این کتاب را نوشتم- و چرا *«پیاده سازی* RCM *به زبان ساده»* برای درک و اجرا اینقدر قوی تر و آسان تر است.

در فصل بعدی به فرایند انتخاب فعالیت PM نگاهی خواهیم انداخت.

[1] main condenser

[2] Determine the functional failures

فصل۶ : فرایند انتخاب فعالیت PM

این فصل، استراتژی هایی برای مرحلهٔ دوم برنامهٔ RCM را توضیح می دهد. این جایی است که فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای رسیدگی به علل خرابی مجموعهٔ تجهیزات شناسایی شده در مرحلهٔ اول (از سه مرحلهٔ برنامهٔ RCM) برقرار می شوند. این فعالیت های PM، مربوط به تجهیزاتی هستند که ما یاد گرفتیم چگونه آنها را از طریق COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم تشخیص دهیم. آنها تجهیراتی هستند که به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی دسته بندی می شوند.

من به دلایل متعددی عمداً این عنصر فرایند را از عنصر تعریف دسته بندی تجهیزات جداکرده ام، امّا عمدتاً به این دلیل که این کار درک تحلیل کلی را آسان تر می سازد. دوم اینکه، همانطورکه پیشتر اشاره کردم، این دو عنصر نیاز به دیدگاهها و تخصص های متقاوتی دارند تا حداکثر دقّت و تمامیت فرایند به دست آید. با این وجود، اگر شما ترجیح می دهید که همه چیز را ترکیب کنید و عناصر دسته بندی تجهیزات، فعالیت های PM و فرکانس را به طور همزمان تکمیل کنید، این روشی کاملاً قابل قبول است. با این وجود، من دریافته ام که انجام این کار به اینصورت سرعت حرکت فرایند فکری را مختل می کند و مانع از کارایی تکمیل تحلیل می شود. این کار متفاوت از ساختن یک خانه نیست. عناصر خاصی از فرایند ساخت وجود دارند که مؤثرتر هستند و هنگامی که به ترتیب باشند، نتیجه بهتری دربرخواهند داشت.

۶-۱-درک اصطلاحات فعالیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

برای شروع، یک درک اساسی از تعاریف فعالیتهای نگهداری تعمیرات پیشگیرانه ضروری است تا از سردرگمی درمورد اصطلاحات مختلف زیاد مورد استفاده در صنعت اجتناب شود. واژگان مرتبط با فعالیت های نگهداری تعمیرات پیشگیرانه شامل موارد زیر است:

time-directed ,condition-directed ،condition-based، proactive ,reactive, predictive , failure-finding , in situ ,on-condition ,surveillances.

این اصطلاحات برای افراد مختلف معانی متفاوتی دارند و من از اینکه هر تعریف خاصی استفاده شود، حمایت نمی کنم. با این وجود، من استفاده از اصطلاحات اصلی RCM را برای دسته های مختلف نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه پسندیده ام، که قرارداد استفاده شده در این بخش و در سرتاسر این کتاب برای توصیف فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. همچنین، انواع مختلف زیادی از فعالیتهای PM وجود دارد، مانند موارد زیر:

overhauls ,inspections , performance tests ,bench tests,oil sampling, thermography ,vibration analysis ,motor current signature analysis(MCSA), eddy current testing ,hi-pot testing ,calibrations ,monitoring ,replacements , disassemblies ,cleaning ,nondestructive testing(NDT) ,acoustics .

افرادی که با نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه آشنا هستند، ممکن است این اصطلاحات را به صورت متفاوتی به کار ببرند یا به جای یکدیگر به چیز مشابهی معنا کنند. بنابراین، برای اجتناب از سردرگمی، من این اصطلاحات را برای سه دسته اصلی از فعالیتهای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به کار می برم:

- مبتنی بر شرایط (condition-directed)
- مبتنی بر زمان (time-directed)
- جستجوی خرابی (failure-finding)

۶-۲- فعالیتهای مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان و جستجوی خرابی

در سرتاسر این بخش، فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه سه دسته کلی را در برمی گیرد: مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان و جستجوی خرابی.

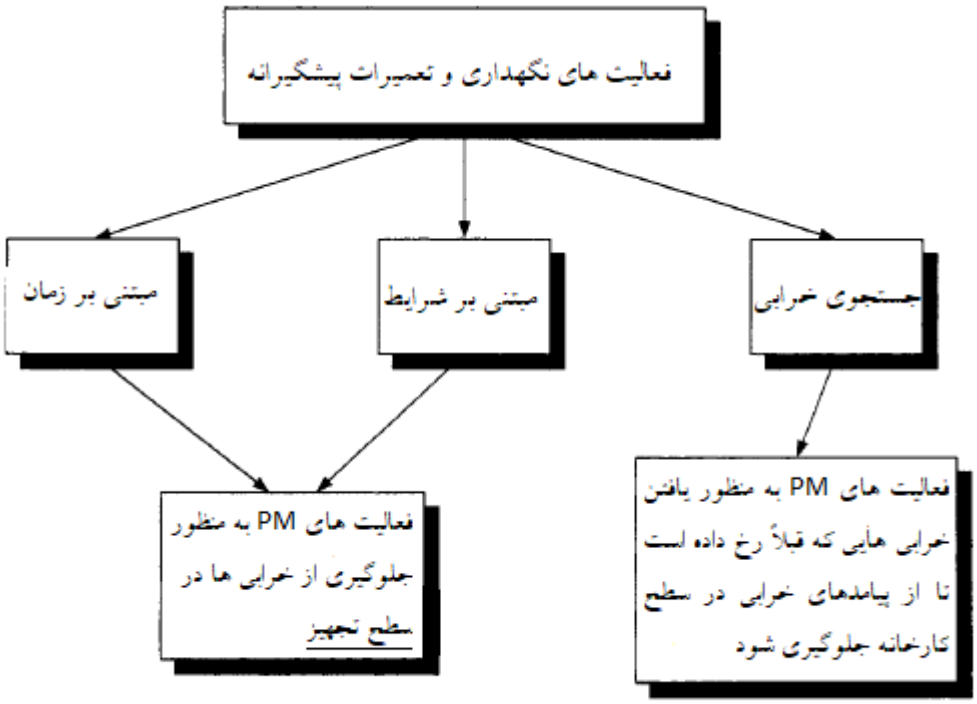
انواع مختلفی از فعالیتهای PM در یکی از این سه دسته قرار می گیرد. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر شرایط و مبتنی بر زمان، به ویژه قصد جلوگیری از خرابی ها در سطح تجهیز[۱] را دارند. این فعالیت ها، به دلایل مختلف خرابی می پردازند تا از وقوع خرابی های تجهیز جلوگیری کنند. فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ جستجوی خرابی از خرابی ها در سطح تجهیز جلوگیری نمی کنند. جستجوی خرابی، یک استراتژی برای اثبات این است که در یک بازهٔ دوره ای، آیا یک تجهیز یا سیستم خراب شده است یا خیر، به طوری که تجهیز یا سیستم خراب شده پیش از اینکه به پیامدی در سطح کارخانه ناشی از وقوع یک خرابی اضافی یا آغاز یک رویداد منجر شود، شناسایی شود. بنابراین، فعالیت های جستجوی خرابی می توانند به عنوان یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از پیامدهای خرابی در سطح کارخانه[۲] تلقی شوند. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ جستجوی خرابی، برای خرابی های پنهان قابل کاربرد است و همچنین برای سیستم های ایمنی و تجهیزاتی است که در حالت عادی کار نمی کنند[۳](این تجهیزات بر اساس تقاضا کار می کنند). به شکل ۶-۱ رجوع کنید.

[۱] component level
[۲] plant level
[۳] not normally operating

فعالیت های مبتنی بر زمان معمولاً شامل جایگزینی ها[۱]، تعمیرات اساسی[۲] و بازسازی[۳] تجهیزات در بازه های معین می شود. برای بیشتر قطعات، این فعالیت ها ناخواسته[۴] هستند و نیاز به دمونتاژ یا جداسازی دارند.

فعالیت های مبتنی بر شرایط معمولاً فعالیت هایی را در بر می گیرند که شرایط یک تجهیز را اندازه گیری، پایش یا تحلیل می کنند تا تعیین کنند که آیا آن تجهیز به صورتی قابل قبول عمل می کند یا در شرف خرابی است.

فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشبینانه(PdM) مانند پایش لرزش[۵]، تحلیل روغن[۶]، ترموگرافی[۷] و تجزیه و تحلیل امضای جریان موتور[۸](MCSA)، همگی انواعی از فعالیت ها هستند که در دستهٔ فعالیت های مبتنی بر شرایط قرار می گیرند.



شکل ۶-۱-فعالیتهای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

البته، فعالیت های مبتنی بر شرایط و جستجوی خرابی نیز باید در دورهٔ زمانی معینی برنامه ریزی شوند اما این موضوع آنها را به عنوان فعالیت های مبتنی بر زمان تعیین نمی کند.

---

[۱] replacements
[۲] overhauls
[۳] restoration
[۴] intrusive
[۵] vibration monitoring
[۶] oil analysis
[۷] thermography
[۸] motor current signature analysis

برای بخش زیادی از مهندسین و مدیران ارشد، یک باور رایج اما گمراه کننده دربارهٔ فعالیت های مبتنی بر شرایط وجود دارد. آنها هنوز به این نظریه باور دارند که حتّی اگر یک تجهیز فعالیتی معین مبتنی بر شرایط داشته باشد امّا نه یک تعمیر اساسی یا جایگزینی، آن تجهیز از نوع کارکرد-تا-خرابی است. این کاملاً اشتباه است. نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط، از نوع کارکرد-تا-خرابی نیست. نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط بنا بر اصلی ترین تعریفش به این معناست:

> تجهیز را تعمیر اساسی یا جایگزین نکنید تا زمانی که شرایطش نیاز به تعمیر اساسی یا جایگزینی را نشان دهد. تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیشبینانه، برای تعیین شرایط تجهیز استفاده می شوند به طوری که تعمیر اساسی یا جایگزینی مورد نیاز بتواند برای جلوگیری از وقوع خرابی کارکردی برنامه ریزی شود.

اغلب، اصطلاح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدام[۱] ، برای دلالت بر اقدام نمودن پیش از وقوع خرابی به کار می رود، در نقطهٔ مقابل نگهداری و تعمیرات اصلاحی[۲] که اشاره دارد بر اینکه هیچ اقدامی تا پس از وقوع یک خرابی انجام نشود. بسیاری از افراد معتقدند که نگهداری و تعمیرات پیش اقدام شکل جدیدی از نگهداری و تعمیرات است که فقط در چند سال گذشته به صحنه آمده است. در واقع، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدام با نگهداری و تعمیرات پیشبینانه[۳] هم معناست، که زیر مجموعه ای از نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط است. بنابراین، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ پیش اقدام در واقع جدید نیست.

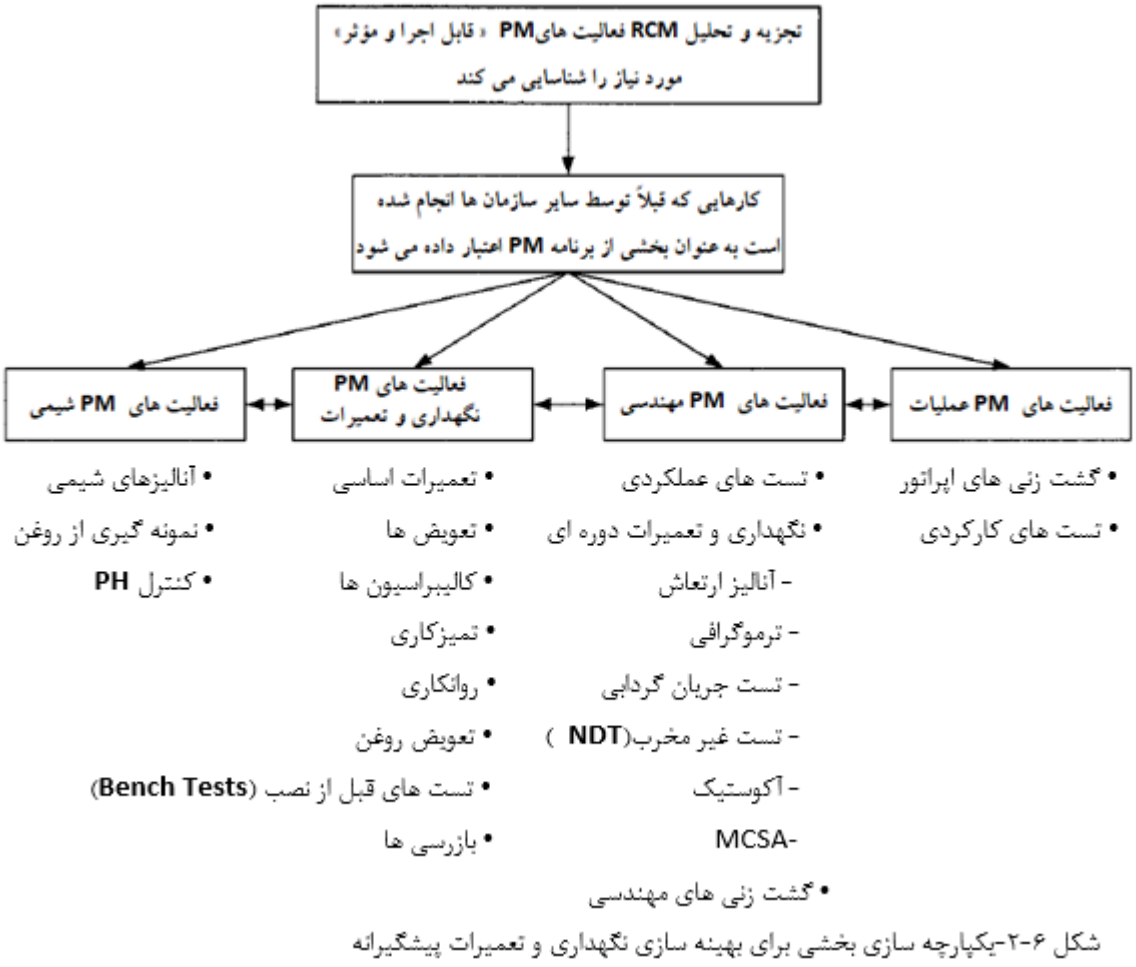
هر چیز جدیدی از تکنیک های جدیدتر نگهداری و تعمیرات پیش بینانه (PdM) می آید و به صورت نسبی تأکید جدیدی بر آن قرار می دهد. فلسفهٔ RCM، همواره فعالیت پیش اقدام بوده است، همچنان که در کتاب نولان و هیپ در سال ۱۹۷۸ مورد پشتیبانی قرار گرفته است.

تصور غلط رایج دیگر این است که همهٔ فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه توسط بخش نگهداری و تعمیرات انجام می شود. در حقیقت، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه توسط بخش های تولید، مهندسی، شیمی و دیگر بخش ها نیز انجام می شود. با مراجعه به شکل ۶-۲، هنگامی که ما به کاربرگ فعالیت PM می رسیم، همهٔ فعالیت های کاربردی و مؤثر تعریف خواهند شد، از جمله آن فعالیت هایی که توسط تولید، مهندسی و دیگران انجام می شود، به شرط آنکه آن فعالیت ها به صورت رسمی مستند سازی و روشمند شوند. توجه کنید که شکل ۶-۲ از عبارات «فعالیت های PM تولید[۴]» و «فعالیت های PM مهندسی[۵]» استفاده می کند. بعضی

---

[۱] proactive preventive aintenanace
[۲] reactive maintenance
[۳] predictive maintenance
[۴] Operations PM Tasks
[۵] Engineering PM Tasks

از فعالیت هایی که این سازمان ها انجام می دهند، در واقع فعالیت های PM هستند. نگهداری و تعمیرات، تنها بخشی نیست که نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را انجام می دهد. اگر اکنون بخش های تولیدی بازرسی های روتین را در چرخه های کاری روزانه خود انجام می دهند، چرا این فعالیت را با انجام دیگر فعالیت های نگهداری و تعمیرات مضاعف کنیم تا به همان چیز برسیم؟



شکل ۶-۲-یکپارچه سازی بخشی برای بهینه سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

بعضی از صنایع از اصطلاح *نگهداری و تعمیرات تکراری*[۱] (*RM*) برای تعیین همهٔ فعالیت های با برنامه ریزی تکراری استفاده می کنند که فقط یک نوع از انواع PM هستند. اگر یک فعالیت مورد نیاز نظارتی[۲] به صورت تکراری برنامه ریزی شود، ممکن است از SV برای surveillance یا TS برای technical specification استفاده شود. همهٔ این ها زیرمجموعه ای از RM هستند. از آنجا که هر صنعت روش های ویژهٔ خودش را برای تعریف فعالیت های تکراری و اصطلاحات مرتبط با آن دارد، من «پیاده سازی *RCM* به زبان ساده» را به عنوان

[۱] repetitive maintenance
[۲] regulatory

دقیق آن آسان کرده ام. به همین دلیل، من PM را برای هر فعالیت برنامه ریزی شدهٔ تکراری و CM را برای فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی به کار برده ام.

۶-۳- کاربرگ فعالیت PM

فعالیت های PM در کاربرگ فعالیت PM وارد می شود، که یکی از ابزارهای اجراست و در شکل ۴-۳ نشان داده شده است. داده های ستون های A تا C از کاربرگ فعالیت PM، مستقیماً از کاربرگ COFA می آیند. شناسه (ID) و تعریف تجهیز، پیامدهای خرابی و هر حالت خرابی غالب وارد می شوند.

در ستون D از کاربرگ فعالیت PM، دلیل معتبر خرابی برای هر حالت خرابی تجهیز که منجر به یک پیامد ناخواسته برای هر معیار قابلیت اطمینان تجهیز می شود، باید تعیین شود، صرفنظر از این که آن تجهیز حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی باشد. هر حالت خرابی ناشی از هر یک از این دسته بندی ها، باید یک فعالیت PM معین برای جلوگیری از علت خرابی اش داشته باشد. همواره چندین علت خرابی برای هر حالت خرابی وجود خواهد داشت.

این مسأله مهم است که به هر حالت خرابی پرداخته شود، زیرا در یک نمونه ممکن است یک تجهیز به روش خاصی خراب شود و فعالیت PM تعیین شده برای جلوگیری از آن دلیل خرابی، متفاوت از فعالیت PM برای جلوگیری از یک دلیل خرابی متفاوت برای یک حالت خرابی متفاوت باشد، اگرکه تجهیز به روش متفاوت دیگری خراب شده باشد. به بیان ساده تر، یک تجهیز می تواند در حالت باز یا بسته خراب شود، یا نابهنگام عمل کند، یا برای شروع به کار دچار خرابی شود، یا گیر کند، یا بچسبد و دلایل متفاوتی برای این حالت های خرابی متفاوت وجود خواهد داشت که به نوبهٔ خود نیاز به فعالیت های PM متفاوتی وجود دارد تا به این دلایل متفاوت پرداخته شود.

در بیشتر موارد، دلیل خرابی فرایند سرراستی را دربردارد. با این وجود، توصیه می شود که دلایل خرابی توسط افراد خبره با شناخت کامل از تجهیز تعیین شود. این افراد، باید نمایندگانی از بخش های نگهداری و تعمیرات و مهندسی باشند که با آن تجهیز خاص آشنا هستند.کارکنان بخش تولید نیز ممکن است اطلاعاتی داشته باشند. با این وجود، معمولاً افراد بخش های نگهداری و تعمیرات و مهندسی نسبت به اپراتورها به صورت عمیق تری با مکانیزم های داخلی خرابی تجهیز آشنا هستند.

به عنوان مثال، دلایل خرابی یک شیر با عملگر موتوری[۱] از نوع خرابی در حالت باز یا بسته، می تواند خرابی موتور، خرابی سوییچ گشتاور، خرابی لیمیت سوییچ، خرابی بیرینگ، خرابی سیم پیچ داخلی و غیره باشد. دلایل خرابی یک پمپ الکتریکی می تواند خرابی بیرینگ ها، خرابی سیم پیچ های استاتور، خرابی شافت، فرسایش

[۱] Motor-operated valve=MVO

بیش از حد ایمپلر، خرابی سوییچ اضافه گرما[۱]، خرابی مدار کنترل الکتریکی داخلی و غیره باشد. در بسیاری موارد، یک فعالیت منفرد چند دلیل خرابی را برطرف خواهد کرد.

۶-۴-درخت منطقی انتخاب فعالیت PM

قبل از این که فعالیت های PM قابل اجرا و مؤثر را برای پرداختن به و جلوگیری از دلایل خرابی برای هر حالت خرابی در ستون E وارد کنیم، درک فرایند انتخاب فعالیت مورد نیاز است. من این فرایند را به طور مفصل توضیح خواهم داد. به درخت منطقی انتخاب فعالیت PM در شکل ۶-۳ رجوع کنید. گزینهٔ اول برای یک فعالیت PM، یک فعالیت مبتنی بر شرایط است. این گزینه، یک فعالیت غیر تهاجمی[۲] مانند به کارگیری یک تکنولوژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا انجام یک بازرسی بیرونی یا یک تست عملکرد است. انتخاب دوم، یک فعالیت مبتنی بر زمان است که معمولاً یک فعالیت تهاجمی[۳] مانند یک تعمیرات اساسی، یک جایگزینی، یک بازرسی داخلی یا مانند اینهاست. بسته به اینکه آیا یک فعالیت مبتنی بر شرایط یا مبتنی بر زمان کاربردی یا مؤثر باشد یا خیر، ممکن است یک تغییر طرح[۴] مورد نیاز باشد.

[۱] overheat switch
[۲] nonintrusive task
[۳] intrusive task
[٤] design change

توجه: یک فعالیت جستجوی خرابی برای تجهیزات حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی قابل اجرا نیست زیرا پیامد آن قبلاً در زمان خرابی تجهیز رخ داده است.

شکل ۶-۳-درخت منطقی انتخاب فعالیت PM

توجه کنید که فعالیت PM باید قابل اجرا و مؤثر باشد. برای قابل اجرا و مؤثر بودن، فعالیت پیشگیرانهٔ پیشنهاد شده باید طوری باشد که بتواند به صورت مناسبی برای تجهیز به کار برده شود. این فعالیت، باید برای جلوگیری از دلیل خرابی مناسب باشد. فعالیت پیشگیرانه باید درجه ای از اطمینان بدهد که از خرابی تجهیز جلوگیری خواهد کرد یا دستکم در معرضِ خرابی قرارگرفتن تجهیز را به حداقل می رساند. فعالیت انتخاب شده، بر اساس اصل قضاوت محتاطانه[۱]توسط افراد خبره، باید درجه ای واقعی از به جا بودن[۲] و احتمال داشته باشد که از وقوع مکانیزم خرابی جلوگیری خواهد کرد. شما باید بپرسید «آیا این فعالیت واقعاً منطقی است یا فقط برای حفظ ظاهر انجام دادن کاری بدون توجه به معیارها تعیین شده است؟»، که در این مورد، آن فعالیت قابل اجرا و مؤثر نخواهد بود.

[۱] principle of prudent judgment
[۲] pertinence

من بسیاری از موارد را دیده ام که خرابی های تجهیز رخ داده است و فقط برای متقاعد کردن مدیریت به اینکه کاری دربارهٔ خرابی ها انجام شده است، PM هایی کلاً بی اثر ایجاد شده است. چنین PM هایی قابل اجرا و مؤثر نیستند.در این گونه موارد، فقط یک تغییر طرح یا بهینه سازی تجهیز پاسخ مناسب است. اگر این نتیجه ای است که شما به آن رسیده اید، پس از انجام آن اجتناب نکنید.

در زمان تعیین دلایل خرابی و فعالیت های PM قابل اجرا و مؤثر، قضاوت سنجیده باید غالب و حاکم باشد. در بعضی موارد مناسب است این حقیقت را بپذیریم که یک فعالیت پیشگیرانه قابل اجرا و مؤثر نمی تواند تعیین شود. در چنین مواردی، یک فعالیت جستجوی خرابی یا یک تغییر طرح ممکن است تضمین کننده باشد.

یک فعالیت جستجوی خرابی فقط برای تجهیزات بالقوه حیاتی قابل اجرا است زیرا پیامد ناخواستهٔ خرابی برای تجهیزات حیاتی، تعهدآور و یا اقتصادی در زمان خرابی تجهیز رخ می دهد.

در مورد خرابی پنهان، اگر یک فعالیت پیشگیرانه نتواند به صورت مناسبی یک خرابی قریب الوقوع را آشکار کند یا از وقوعش جلوگیری کند، یک فعالیت جستجوی خرابی باید تعیین شود. فعالیت های جستجوی خرابی، فقط آشکار می کنند که یک خرابی پنهان تاکنون رخ داده است، امّا داشتن این آگاهی به شما این امکان را می دهد که از یک پیامد ناخواستهٔ کارخانه پیش از وقوع یک خرابی اضافی[۱] یا یک رویداد آغازگر[۲] جلوگیری کنید.

۶-۵-چرا یک فعالیت مبتنی بر شرایط ترجیح داده می شود؟

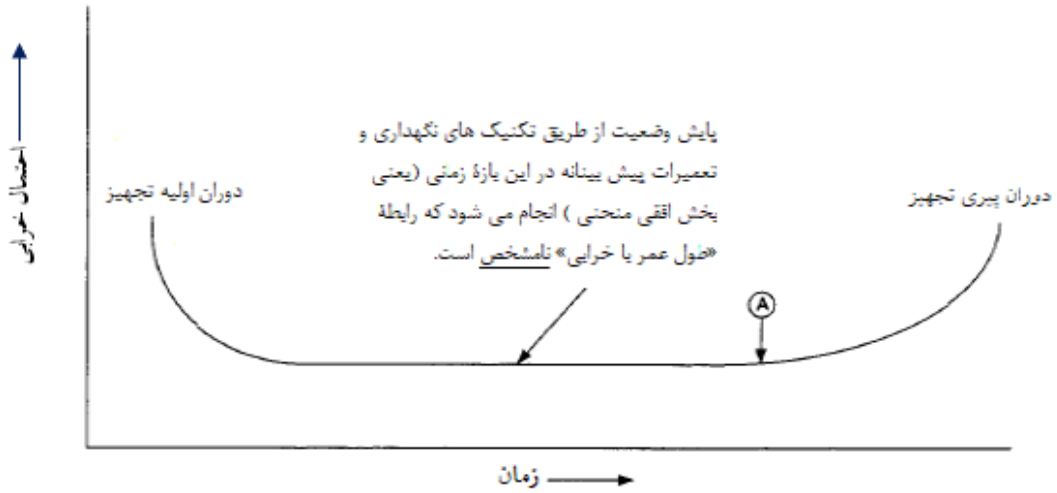
چرا فعالیت مبتنی بر شرایط ترجیح داده می شود؟ شکل ۶-۴ یک نمایش نوعی از منحنی «وان حمام»[۳] است که اعتبار آن برای پیشگامان RCM، نولان و هیپ است. هنگام نگاه کردن به منحنی وام حمام چند ویژگی جالب وجود دارد. مهمترین ویژگی این است که هر وقت که یک تجهیز برای تعمیرات اساسی یا جایگزینی از سرویس خارج می شود، زمان کاریش صفر می شود اما به دو دلیل احتمال خرابی به صورت چشمگیری افزایش پیدا می کند.

یکی از آنها خرابی های نابهنگام[۴] است و دیگری خرابی زودرس[۵]. بنابراین، منطقی و مؤثر است که اجازه دهیم تجهیزی کار کند تا زمانی که برخی فعالیت های پیشبینانه یا مجموعه ای از فعالیت ها نشان دهند که تجهیز مکانیزم های خرابی قریب الوقوع دارد و نیاز به تعمیرات اساسی یا تعویض وجود دارد.

---

۱ additional failure
۲ initiating event
۳ bathtub curve
۴ premature failures
۵ infant mortality

خرابی های نابهنگام بسیار متداول هستند. اغلب، یک قطعه از تجهیز که به صورتی رضایتبخش کار می کند، از سرویس خارج می شود تا پیشنهاد فروشنده برای تعویض آن در بازهٔ زمانی معینی تحقق پیدا کند. هنگامی که این قطعه جایگزین می شود، دلایل زیادی برای خرابی نابهنگام تجهیزی که به تازگی تعمیر شده وجود دارد. این خرابی می تواند ناشی از مشکلات در حین دمونتاژ مجددش باشد، به ویژه اگر یک تجهیز نسبتاً پیچیده باشد. می تواند مشکلات ناشی از قطعات تعویض شده باشد. می تواند مشکلات مواجه شده در زمان نصب مجدد خود تجهیز باشد.



توجه:حتی با یک «رابطهٔ مشخص بین طول عمروخرابی» همانطورکه با نقطهٔ **A** مشخص شده ، هنوز هم تکنیک های پیشبینانه (**PdM**) برای شناسایی هر حالت خرابی زودرس انجام می شود.

شکل ۶-۴- منحنی وان حمام (bathtub curve)

منبع دیگر خرابی زودرس برای یک تجهیز جدید، در طول دورهٔ سخت کاری اولیه[۱] اتفاق می افتد. بسیاری از تجهیزات، نیاز به این دورهٔ سخت کاری دارند تا به چرخ دنده ها[۲]، رینگ های سایشی[۳] ، آببندها[۴] و قطعات دیگر اجازه دهند تا پارامترهای کار عادیشان پیدا شود.

علاوه بر این، اگر شما تجهیزی را پیش از آنکه مورد نیاز باشد تعویض کنید، همهٔ زمان باقیمانده در طول بخش افقی منحنی وان حمام را از دست خواهید داد تا بالاخره نقطهٔ A در شکل ۶-۴ برسد. به عنوان مثال، بسته به توصیهٔ فروشنده، ممکن است یک تجهیز هر ۵ سال یکبار تعمیر اساسی شود، خواه نیاز باشد و خواه نه، در حالی که آن تجهیز می توانست ۱۰ سال یا بیشتر دوام بیاورد. این کار، نه تنها اتلاف منابع است، بلکه منابع در دسترس را برای کارهای مهم دیگر کاهش می دهد.

---

[۱] burn-in period
[۲] clearances
[۳] wear rings
[۴] seals

بعضی تجهیزات وجود دارند که تا پایان عمر کارخانه به کار خود ادامه دهند، خواه ۲۰ ، ۳۰ یا بیش از ۴۰ سال باشد. هر چیز دیگری نهایتاً پیش از آن زمان خراب خواهد شد، بنابراین چرا آن را برداریم تا زمانی که شرایطش نیاز به تعویض را نشان نداده است؟

شاخص جالب دیگر این است که نولان و هیپ نشان دادند که تقریباً فقط ۱۱٪ همهٔ تجهیزات در هر موقعیتی یک نقطهٔ فرسودگی معین مانند نقطهٔ A در شکل ۶-۴ را از خود نشان می دهند. این بدان معناست که ۸۹٪ همهٔ تجهیزات به صورت تصادفی خراب می شوند و اینکه چرا یک تعمیرات اساسی مبتنی بر زمان بدون توجه به شرایط تجهیز یک فعالیت خوب نیست. با این وجود، تجهیزات بسیاری وجود دارند (آنهایی که در آن دستهٔ ۱۱٪ قرار می گیرند) که یک عمر مرتبط با خرابی[۱] نشان می دهند و یک فعالیت تعمیرات اساسی مبتنی بر زمان یا تعویض برای آنها توصیه می شود.

اغلب، هم فعالیت مبتنی بر زمان و هم فعالیت مبتنی بر شرایط برای تجهیز برای علل مختلف خرابی تعیین می شود. به عنوان مثال، ممکن است یک فعالیت مبتنی بر شرایط برای پایش دوره ای تجهیز از نظر لرزش تعیین شود تا اطمینان حاصل شود که یک خرابی بیرینگ اولیه در شرف وقوع نیست، در حالی که یک تعمیرات اساسی مبتنی بر زمان ممکن است برای تجهیز تعیین شود اگر که رابطه ای بین عمر با خرابی شناخته شود.

۶-۶-تعیین فرکانس و بازهٔ فعالیت PM

ما اکنون به نقطه عطف دیگری در فرایند انتخاب فعالیت PM می رسیم. چگونه فرکانس و بازهٔ فعالیتها را تعریف می کنید؟

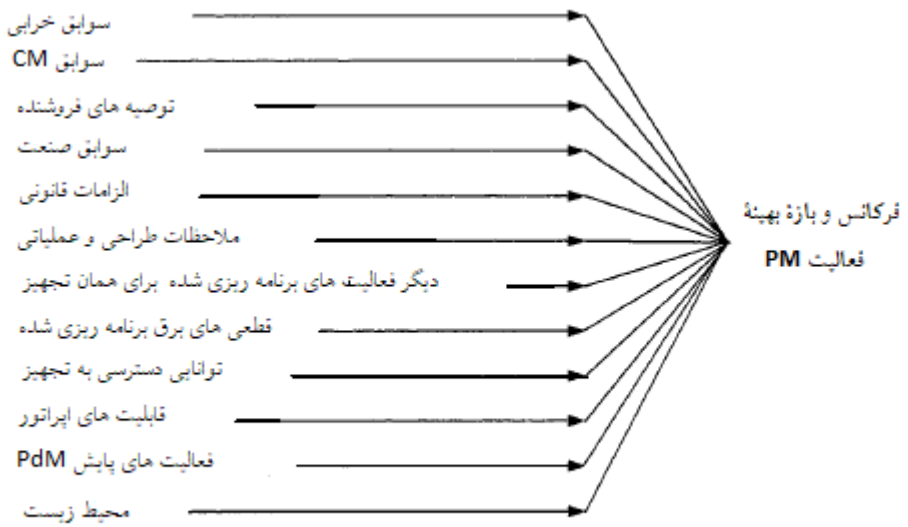
فرکانس و بازه (یعنی دورهٔ تناوب[۲])، برای فعالیت های انتخاب شده در ستون F ازکاربرگ فعالیت PM وارد می شود. فرکانس معمولاً بر حسب ساعت، روز، فصل، ماه، سال یا چند سال بیان می شود. بازه، به صورت عددی بیان می شود. به عنوان مثال، دورهٔ تناوب یکبار در هر چهار ماه ۴M خواهد بود، دورهٔ تناوب هر چهار سال یکبار ۴A یا ۴Y خواهد بود، بسته به اینکه برای بیان سال از annual یا yearly استفاده کنید. تعیین دورهٔ تناوب می تواند بسیار پیچیده یا کاملاً ساده و براساس منطقی صحیح باشد. من روش دوم را ترجیح می دهم. اما ابتدا اجازه دهید گزینهٔ پیچیده تر را بررسی کنیم، به طوری که شما درک کنید چرا این روش جز برای محاسبهٔ احتمال خرابی یا متوسط زمان بین خرابی ها[۳] (MTBF) ترجیح داده نمی شود.

تعیین احتمال خرابی، یا MTBF، یک اقدام قابل قبول است زیرا این کار محاسبهٔ تخمین عمر کاری یک تجهیز است. به طور مشابه، هر محاسبه ای- مانند محاسبهٔ عمر بیرینگ ها، سیم پیچ های موتور، فرسایش پمپ و

[۱] age relationship to failure
[۲] periodicity
[۳] mean time between failures

غیره-همگی برای تخمین رابطهٔ بین عمر و خرابی تجهیز قابل کاربرد هستند. با این وجود، هنوز هم قدری هوشمندی در زمان استفاده از این اعداد مورد نیاز است. این موضوع در پاراگراف بعدی آشکار می شود.

روش پیچیده ممکن است محاسبات ریاضی، فرمول ها یا روش های آماری را دربرگیرد که به آسانی قابل اجرا نیستند .با این حال، این فقط دلیلی جزیی برای دنبال نکردن این مسیر است. مهمتر از این، همانطورکه در شکل ۶-۵ می توانید ببنید، ملاحظات مربوط به فرکانس و بازهٔ یک فعالیت PM بیشتر یک هنر هستند تا علم. فقط با مروری بر این ملاحظات آشکار می شود که مثلاً مدل ریاضی دقیقی می توانست تعیین کند که ۲/۷۳ سال بهترین زمان برای برنامه ریزی یک تست عملکرد دوره ای یک تجهیز خاص است. چه می شود اگر تجهیز نیاز به یک قطع برق برنامه ریزی شده برای دسترسی به آن داشته باشد و این قطع برق هر سه سال یکبار برنامه ریزی شده باشد؟ آیا قطع برق باید زودتر برنامه ریزی شود؟ چه می شود اگر فعالیت های دیگر روی آن تجهیز هر دو سال یکبار انجام می شوند؟ آیا نیاز خواهد بود که ۰/۷۳ سال بعد از اینکه فعالیت های PM دیگر روی تجهیز انجام شد، تجهیز مجدداً تست شود؟ این یک روش در جهان واقعی فعالیت های نگهداری و تعمیرات نیست. شما باید تا حد امکان کارایی داشته باشید و فعالیت ها را بر روی تجهیز تا حد امکان به طور مؤثر برنامه ریزی کنید. بنابراین، قضاوت معقول مهندسی با درنظر گرفتن همهٔ پارامترهای شرطی و تعیین یک دورهٔ تناوب بهینه عملی تر خواهد بود. این ها تعدادی از دلایلی هستند که قضاوت معقول بر اساس دانش بخشی از افراد دربارهٔ تجهیز روش توصیه شده برای ایجاد دورهٔ تناوب فعالیت ها است.



شکل ۶-۵-ملاحظات مربوط به فرکانس و بازهٔ فعالیت PM

در جهان واقعی، یک کارخانه برای کار براساس استانداردهای کارایی خاصی طراحی می شود، همراه با زمان های کاری عملیاتی که بتواند خروجی ساخته شده ای مانند تعداد معینی از ریزپردازنده های کامپیوتر در روز تولید کند، خروجی مانند تعداد معینی از بشکه های نفت در روز از پالایشگاه پردازش کند یا خروجی مانند

عدد معینی از فوت مکعب گاز طبیعی در روز یا مقدار معینی مگاوات برق در ساعت تولید کند. یک برنامهٔ قابلیت اطمینان طراحی می شود تا تضمین کند که کارخانه برای تحقق آن اهداف به صورتی قابل اطمینان عمل می کند.کارخانه طراحی نمی شود که همراه با پارامترهای برنامهٔ قابلیت اطمینان عمل کند. بنابراین، برنامهٔ RCM باید با محدودیت های خاصی مانند زمانی که تجهیز برای انجام کار بر روی آن دردسترس است، سازگار باشد.

بیشتر اوقات، نمی توان بر روی تجهیز در حال کار فعالیت تعمیراتی انجام داد مگر اینکه تجهیز یا سیستم بتواند ایزوله شود و کارکردن بر روی آن مجاز باشد. این موضوع همواره یک هدف ساده برای برآورده شدن نیست. بنابراین، یک تأسیسات معمولاً یک برنامهٔ زمان بندی بلندمدتِ تقریباً یک تا دو سال یا حتی بیشتر دارد که از طریق آن نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده در طول یک تعمیرات اساسی کامل برای کل کارخانه یا بخش هایی از کارخانه در مدت معینی برنامه ریزی می شود. معمولاً یک مبنای چرخشی برنامه ریزی شده برای کار بر روی تجهیزات در سیستم های مختلف کارخانه برقرار می شود. «پنجره های فرصت»[۱] ، برای انجام بیشتر فعالیت های نگهداری و تعمیرات وجود دارند- به ویژه برای فعالیت های نگهداری و تعمیرات ناخوانده[۲]. به صورت واضح، هر خرابی تجهیز ناخواسته این پتانسیل را برای اصلاح دارد که به صورت فوری برنامه ریزی شود. این موضوع مهم است که هنگام انتخاب زمان مناسب برای کار بر روی تجهیزاتی که نمی توانند برای دسترسی در زمان های دیگر ایزوله شوند، مواردی مانند زمانی که قطعی برق کارخانه تان برنامه ریزی می شود یا زمانی که قطعی برق خط تولید بعدی برنامه ریزی می شود، در نظر گرفته شود. هنگامی که دورهٔ تناوبی تعیین شود که در آن تجهیز نیاز به فعالیت تعمیراتی دارد و قطعی برق برنامه ریزی شده با آن همزمان نیست، مجدداً روش قضاوت منطقی توسط افراد خبره دربارهٔ تجهیز و کارخانه برای تنظیم دورهٔ تناوب فعالیت یا تغییر بازهٔ زمانی قطع برق کارخانه توصیه می شود.

این است دلیل این که انتخاب فعالیت PM و دورهٔ تناوب مناسب بیشتر یک هنر است تا علم. در بخش ۸، ما درخواهیم یافت که هنگام بررسی برای توسعهٔ یک «برنامهٔ پویای RCM[۳]»، چگونه برای بازه های زمانی که از ابتدا ایجاد می کنیم تصمیمات منطقی بگیریم.

---

[۱] windows of opportunity

[۲] intrusive maintenanace

[۳] RCM living program

۶-۶-۱-زمان بهینه برای ایجاد یک برنامهٔ قابلیت اطمینان

زمان بهینه برای ایجاد یک برنامهٔ RCM در طول مرحلهٔ طراحی یک کارخانه یا تأسیسات جدید است. پس از این که تأسیسات ساخته شد، برنامهٔ قابلیت اطمینان بیش از یک بهینه سازی[۱] است. با این وجود، این احتمال وجود دارد که ۹۸٪ از کل برنامه های قابلیت اطمینان توسعه داده شوند.

مزیت توسعهٔ یک برنامهٔ قابلیت اطمینان به عنوان بخشی از مرحلهٔ طراحی عبارت است از چاره اندیشی، تا حد امکان، برای اختصاص و طرح ریزی روش هایی جهت تعویض تجهیزی خاص بدون الزام به برنامه ریزی قطع برق برای انجام این فعالیت نگهداری و تعمیرات.

مزایای دیگر شامل طراحی تجهیز به صورتی است که بتواند بدون الزام به برداشتن اولیهٔ بخش عمده ای از سازه تجهیز برای دسترسی به آن تعمیر و نگهداری شود. علاوه بر این، تدارکات برای به کارگیری تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیشبینانه تا بالاترین سطح از پایش تجهیز می تواند فراهم شود که از طریق آن نیاز به نگهداری و تعمیرات ناخواسته به حداقل می رسد.

صنایعی که در آن تأسیسات یک کشتی تفریحی، یک هواپیما یا یک نیروگاه برق جدید- یا اساساً هر تأسیسات جدیدی- است باید با این موضوع آشنا باشند زیرا آنها این فرصت را دارند که در ایجاد یک برنامهٔ قابلیت اطمینان پیش اقدام باشند.

سازندگان هواپیما، به عنوان مثال، کاملاً با این موضوع آشنا هستند. معمولاً رقابت بین دو یا چند سازنده برای فروش نسل جدیدی ازهواپیما مستلزم اتخاذ یک استراتژی بازاریابی است که سهولت قابلیت نگهداری و تعمیرات، سادگی دسترسی به تجهیزات و قابلیت انجام نگهداری و تعمیرات پیشبینانهٔ برخط[۲]) را مورد ملاحظه قرار دهد که همهٔ این موارد منجر به زمان های پرواز طولانی تر و زمان غیرفعال بودن کمتر آشیانهٔ هواپیما می شود.

روزگاری این درک اصولی از قابلیت اطمینان طوری متداول خواهد بود که عموماً برنامه های قابلیت اطمینان، بیشتر بخشی از فاز طراحی خواهند شد تا بهینه سازی.این امر ترجیح داده می شود که تجهیزات و تأسیسات از آغاز به سبکی طراحی شوند که خرابی های تجهیزات موارد ایمنی و تولیدی را ایجاد نکنند که منجر به پیامدهای ناخواسته شود.

۶-۷-آیا تغییر طراحی توصیه می شود؟

آخرین ستون از کاربرگ فعالیت PM، ستون G، توصیه برای اینکه آیا یک تغییر طرح لازم است یا خیر را شامل می شود. همانطورکه ما در بخش ۳ بحث کردیم، یک تغییر طرح یک استثناء است نه یک قاعده زیرا

[۱] backfit
[۲] online

اغلب اینطور نیست که یک فعالیت مبتنی بر شرایط یا مبتنی بر زمان برای جلوگیری از خرابی یا یک فعالیت جستجوی خرابی برای شناسایی زمانی که یک خرابی رخ داده است، نتواند تعیین شود. با این حال، مواقعی پیش می آید که این کار ممکن نیست و یک تغییر طرح اجباری است مگر اینکه شما ریسک خرابی را بپذیرید. بیشتر فعالیت ها نسبتاً ساده و کم هزینه هستند. آنها به خودی خود به سمت یک تعمیر اساسی کامل پیش نمی روند. همانطورکه آموخته ایم، تعمیرات اساسی و تعویض های ناخواسته آخرین انتخاب در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه هستند. در بخش ۳، ما پمپ های نفت کوره برای ژنراتورهای دیزلی اضطراری را تحلیل کردیم. ما دریافتیم که این پمپ ها به علت پیامدهای خرابی پنهانشان، تجهیز بالقوه حیاتی هستند. بهترین فعالیت در این مورد یک فعالیت جستجوی خرابی بود که تضمین می کرد هر دو پمپ از طریق انجام بازرسی کار می کنند. این بازرسی به عنوان بخشی از رویهٔ حاکم بر دیزل هرزمان که شروع به کار می کرد، گنجانده شده بود که هر ۳۰ روز یکبار انجام می شد.

۶-۸ - تکمیل نمونه ای از کاربرگ فعالیت PM

برای دیدن اینکه چگونه کاربرگ فعالیت PM تکمیل می شود، اجازه دهید نگاهی به یک مثال نوعی بیندازیم. کاربرگ فعالیت PM در شکل ۴-۳ نشان داده شده است.

ما می خواهیم از شیر دوراهۀ[1] (GHI) که در شکل های ۵-۴-الف تا ۵-۴-چ تحلیل کردیم ، به عنوان مثالمان استفاده کنیم. روی کاربرگ فعالیت PM، ما شمارۀ شناسۀ تجهیز I.D و شرح آن را وارد می کنیم و در ستون B ، ما پیامدهای حیاتی خرابی را برای شیر GHI را وارد می کنیم.

شناسه *I.D* و شرح تجهیز

شناسۀ شیر :GHI

شیر جداکنندۀ دو راهه

پیامدهای خرابی چه هستند؟

۱ -الف-کاهش توان

۲-پ-توقف تجهیز

[1] two-way valve

در ستون C از کاربرگ فعالیت PM، ما حالت های خرابی غالب تجهیز مرتبط با دو پیامد خرابی را توصیف می کنیم. هر حالت خرابی غالب که به یک پیامد ناخواستهٔ خرابی منجر شود، باید تجزیه و تحلیل شود. این مطلب، در ستون C از کاربرگ PM درج می شود.

هر حالت خرابی غالب تجهیز را تعریف کنید

۱-الف-شیر در حالت بسته خراب می شود.

۱-پ-شیر برای انتقال به وضعیت اضطراری خراب می شود.

در ستون D از کاربرگ، ما همهٔ علت های خرابی ممکن و معتبر را برای هر حالت خرابی غالب تجهیز توصیف می کنیم. به خاطر بیاورید که این فقط یک مثال نمونه برای یک نوع شیر خاص است و بسته به نوع دقیق شیر نصب شده در تأسیسات شما، علل خرابی ممکن است بسیار متفاوت از موارد این مثال باشد. با این حال، من عمداً از این مثال استفاده کرده ام تا نشان دهم دلایلی برای هرحالت خرابی متفاوت می تواند مشابه باشد. در این مورد، علل حالت خرابی «شیر در حالت بسته خراب می شود» و حالت خرابی «شیر در انتقال به وضعیت اضطراری دچار خرابی می شود» مشابه هستند. این موضوع غیر عادی نیست، و برای تعیین دلایل منطقی خرابی برای ۱-پ به مانند ۱-الف قابل قبول است.

علت منطقی خرابی را برای هر حالت خرابی غالب تعریف کنید.

ا-الف- (۱) اتصال دریچهٔ شیر

(۲) خرابی بیرینگ

(۳) خرابی موتور

(۴)خرابی سوییچ گشتاور

(۵)خرابی لیمیت سوییچ

(۶) «موارد دیگر»، بسته به نوع خاص تجهیز

۱-پ- (۱) اتصال دریچهٔ شیر

(۲) خرابی بیرینگ

(۳) خرابی موتور

(۴)خرابی سوییچ گشتاور

(۵)خرابی لیمیت سوییچ

(۶) «موارد دیگر»، بسته به نوع خاص تجهیز

در ستون های E وF از کاربرگ، فعالیت های PM قابل اجرا و مؤثر و فرکانس و بازۀ فعالیت ها برای هر حالت خرابی تعریف می شود. در این فرایند تصمیم گیری و انتخاب، چنان تنوعی وجود دارد که من تلاش نخواهم کرد مثال هایی از نوعی دیگر اضافه کنم. این فعالیت ها و دورۀ تناوب آنها از درخت منطقی فعالیت PM و شکل ۶-۵ تعیین می شوند. همانطورکه در این بخش پیشتر اشاره کردم، این فعالیت ها و دورۀ تناوب آنها از طریق تصمیم گیری های فنی منطقی توسط افراد خبره تعیین می شوند. در نهایت، ستون E جایی است که شما می توانید تعریف کنید آیا یک تغییر طرح توصیه می شود یا خیر.

۶-۹- برقراری محدودیت های فنی[۱]

احتمالاً شما فکر می کنید «این دقیقاً به چه معناست؟». در اینجا پیام این است که از آنچه که به نظر می رسد به صورت تکراری اتفاق می افتد، جلوگیری شود: همین که برنامۀ RCM اجرا شد، دراثر بی توجهی بسیار ناچیز یا نگاه موشکافانه فعالیت های جدیدی اضافه می شود. این فعالیت ها به ندرت تحت همان تحلیلی قرار می گیرند که برنامۀ اولیه بر آن بنا شده بود. پیش از آنکه شما متوجّه آن شوید، برنامۀ PM شما به اندازۀ ۲۰ الی ۳۰ درصد رشد کرده است. یک راه برای جلوگیری از افزایش تدریجی فعالیت های PM غیرقابل اجرا و غیرمؤثر، اجرای فرایندی است که تضمین کند هرفعالیت اضافی مطرح شدۀ جدیدی همان تحلیل منطقی COFA را برای تأییدش پشت سر بگذارد. اگر شما این نوع الزام را برای تأییدیۀ فنی پیش از آنکه فعالیت اضافی بتواند به برنامه اضافه شود، برقرار نکنید، متوجه خواهید شد که برنامه تان رشد می یابد و به تدریج فعالیت های غیر ضروری بر روی هم انباشته می شود.

همانطورکه در بخش ۸ بحث شد، هنگامی که موارد جدیدی توسعه می یابند، همواره فعالیت های جدیدی مورد نیاز خواهد بود و شما نمی خواهید که آن بخش از فرایند را متوقف کنید. با این حال، شما نباید اجازه دهید فرایند از کنترل خارج شود. این کار همیشه آسان نیست؛ احتمالاً بهترین راه برای مدیریت این کنترل اجرای یک فرایند تأیید برای PM های جدید است و مسؤولیت اجرایی آن به دپارتمانی در سازمان سپرده شود که مسؤول فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است.

۶-۱۰- استراتژی انتخاب تجهیزات نمونه[۲]

اکنون که یاد گرفته ایم چگونه تجهیزات حیاتی و بالقوه حیاتی را تشخیص دهیم و قدری بیشتر دربارۀ فعالیت های PM و دورۀ تناوب آنها دانستیم، اجازه دهید حوزۀ دیگری را بررسی کنیم که به مقدار زیادی بخشی از جهان واقعی نگهداری و تعمیرات و قابلیت اطمینان است، اما به ندرت مورد بحث قرار گرفته است. چه می شود اگر اکنون شما تحلیل RCM تان را کامل کرده باشید و متوجه شوید که یکی از حیاتی ترین تجهیزاتی که

[۱] institute technical restraints
[۲] A Sampling Strategy

دارید، به عنوان مثال ،یک پمپ اصلی است. پمپ می تواند کاملاً بزرگ و پیچیده باشد. ممکن است تعداد زیادی پمپ مشابه در کارخانه شما موجود باشد که همهٔ آنها حیاتی باشند و به مدت ۱۵ سال یا بیشتر در حال کار بوده باشند و پیشتر هرگز تعمیرات اساسی نشده باشند. اکنون فرض کنید که انجام تعمیرات اساسی چند هزار دلار (حتی ممکن است چند صد هزار دلار) هزینه دربرداشته باشد. آیا شما پیش مدیریت ارشد می روید و به آنها می گویید که برنامهٔ RCM را تکمیل کرده اید و نتایج تعیین کرده که همهٔ این پمپ ها باید تعمیرات اساسی شوند؟ فرض کنید که شما تعداد زیادی موتور بزرگ در کارخانه تان دارید که آنها هم همه حیاتی هستند، به مدت بیش از ۱۵ سال در حال کار بوده اند و هرگز سیم پیچی مجدد استاتور یا تعویض بیرینگ نداشته اند. آیا شما همهٔ آنها برای تعمیرات اساسی در یک زمان برنامه ریزی می کنید؟ احتمالاً خیر.

حتی اگر شما تردیدهای قوی داشته باشید که این تجهیزات نهایتاً نیاز به توجه دارند زیرا آببندهای پمپ، ایمپلرها، سیم پیچ های استاتور و بیرینگ ها مدت زیادی دوام نمی آورند، حتی اگر شما بر انجام دادن فعالیت های پیشبینانهٔ روتین مانند پایش لرزش بیش از حد، نمونه گیری و تغییر روغن و غیره پافشاری داشته باشید، هنوز هم متقاعد کردن مدیریت ارشد برای اینکه زیر بار این برنامهٔ تعمیرات اساسی بروند، کار ساده ای نخواهد بود-به عبارت دیگر، مگر اینکه بیشتر مدیران ارشد آرمانگرا، دارای دانش قابلیت اطمینان و متمایل به گرفتن تصمیمات جسورانه باشند. با این حال، متأسفانه بیشتر مدیران ارشد چنین ویژگی هایی ندارند. متقاعد کردن آنها به ویژه زمانی سخت خواهد بود که هیچیک از این تجهیزات حیاتی تاکنون خراب نشده باشند. به خاطر می آورید مطلبی را دربارهٔ حرکت بر مبنای شانس در بخش های ۱ و ۳ ؟ پس چکار می کنید؟

منطقی ترین روش برای این مشکلِ اجرایی، متقاعد کردن مدیریت ارشد به این است که شما نیاز به انجام دادن یک بازرسی اساسی نمونه از دستکم یکی از هر نوع از تجهیزات دارید. یک تجهیز را در بدترین شرایط محیطی و یک تجهیز را که به مدت طولانی در حال کار بوده است، انتخاب کنید. هدف، انتخاب تجهیزی است که تحت سخت ترین شرایط در حال کار بوده است. هنگامی که تجهیز نمونه برداشته شد، من یک بازرسی بسیار کامل شامل فواصل مجاز بین بخش های متحرک[1]، شرایط سیم پیچ های استاتور، شرایط بیرینگ ها، سایش و فرسودگی ایمپلر و هر سنجش دقیق دیگری که شرایط یا افت عملکرد تجهیز را نشان می دهد، پیشنهاد می کنم .

بسته به آنچه که شما درک می کنید، شما یک ابتکار عمل فنی تر برای پرداختن به باقیماندهٔ این گروه خاص از تجهیزات دارید. به این طریق، شما دستکم می دانید که آیا تجهیز برای ادامهٔ کار برای سال های بیشتری بدون نگرانی در شرایط به اندازهٔ کافی خوبی هست یا خیر. یا ممکن است شما پی ببرید که کل تجهیزات این گروه در خطر حتمی خرابی در کوتاه مدت هستند. این یک مشکل واقعی است که در صنعت هسته ای و صنایع

[1] clearances

دیگر هم رخ داده است. رسیدگی به بقیهٔ گروه تجهیزات نیاز به مدیریت بحران[۱] دارد. بسیاری از کارخانجات، خودشان را در بدترین وضعیتی[۲] می یابند که در آن خرابی های قریب الوقوع زیادی در پیشرو هستند. این وضعیت، قیمتی است که بابت چشم پوشی از یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ اولیه پرداخت می شود. دلیل دیگر برای انجام دادن یک بازرسی نمونه، تأیید اعتبار تکنولوژی های نگهداری و تعمیرات پیشبینانهٔ شماست. برای بیشتر مکانیزم های خرابی، غیرمعمول نیست که روی برخی تجهیزات غیرآشکار شوند، حتی با انبوهی از فعالیت های PdM که به صورت دوره ای انجام می شوند. این نیز یک مشکل واقعی است که اغلب اتفاق می افتد.

۶-۱۱-حالت های خرابی رایج[۳]

حالت های خرابی رایج، خرابی های مربوط به گروهی از تجهیزات هستند که همهٔ آنها در معرض حالت خرابی یکسانی هستند. همانند مشکل مربوط به گروه کاملی از تجهیزات مشابه که در چارچوب زمانی مشابهی در اثر چشم پوشی از برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خراب می شوند، شما باید دربارهٔ امکان وقوع حالت های خرابی رایج برای گروه تجهیزات مشابه هشیار باشید. این موقعیتی است که باید از آن اجتناب شود.

حالت های خرابی رایج، هر زمان که شما گروه قابل توجهی از تجهیزات مشابه داشته باشید، پتانسیل وقوع دارند. نمونه ای از این دست می تواند کارخانه ای با تعداد زیادی شیر با عملگر موتوری یا عملگر پنوماتیکی باشد که همهٔ آنها توسط فروشندهٔ مشابهی ساخته شده اند، یا فقط تعداد کمی از هر نوع شیر در تعداد زیادی از کارخانه های شما در سراسر جهان را شامل می شود. یک نوع هواپیمای تجاری خاص ممکن است فقط یک یا دو شیر مشابه در هر هواپیما داشته باشد اما ممکن است صدها عدد از آن نوع هواپیما در ناوگان هوایی وجود داشته باشد.

تصور کنید چه چیزی رخ می داد اگر شما در حین مونتاژ یک تجهیز کشف می کردید که یک عیب وجود دارد، یا در کارگاه مشترکی که همهٔ تعمیرات اساسی در آن انجام می شود، یک قطعهٔ اشتباه نصب می شود، یا یک مکانیزم خرابی[۴] در گروهی شامل چند دوجین یا حتی چند صد تجهیز مشابه خودش را نشان می دهد. در نهایت شما در یک حاشیهٔ امن نمی بودید، اما این یک وضعیت غیر معمول نیست که خودتان را در آن می یابید. هنگامی که چنین وضعیتی رخ می دهد، اگر شما تحت نظارت قانونی قرار داشته باشید، معمولاً یک ابلاغیه یا دستور اجباری توسط FDA، NASA، NRC یا FAA برای بازرسی همهٔ تجهیزات مشکوک در یک بازهٔ زمانی کوتاه صادر می شود. حتی اگر شما مشمول نظارت قانونی نباشید، هنگامی که آنها پی ببرند که

[۱] crisis management
[۲] worst-case
[۳] Common Mode Failures
[۴] failure mechanism

تعدادی از تأسیسات شرکت در معرض خطر یک توقف برنامه ریزی نشده و ناخوانده هستند، شاید به دلایلی که شما نمی توانید توجیه کنید.

هیچ تضمین قطعی وجود ندارد که این وضعیت هرگز برای شما رخ نخواهد داد. با این حال، اقداماتی وجود دارند که می توانند انجام شوند تا مواجههٔ شما با چنین اتفاقاتی را به حداقل برسانند. منطقی خواهد بود که یک برنامهٔ نمونه گیری[۱] ایجاد شود که به صورت دوره ای یک یا دو تجهیز از گروه را بازرسی کند تا تضمین کند همه چیز خوب است پیش از آنکه سروکلهٔ مشکلات پیدا شود و زمان خیلی کمی به شما بدهد تا با یک اقدام برنامه ریزی شده به صورت مناسب و مؤثر واکنش نشان دهید. یک برنامهٔ نمونه گیری که یک بازرسی داخلی دقیق از تجهیزات انتخاب شده را انجام می دهد، می تواند یک پیش آگاهی خیلی دقیق در مورد الگوهای فرسایش، عیوب داخلی و دیگر مکانیزم های خرابی در مراحل ابتدایی بدهد که با استفاده از تکنیک های PdM ممکن نیست قابل مشاهده باشد.

۶-۱۲-تکنیک های مختلف نگهداری وتعمیرات پیشبینانه[۲]

ما دربارهٔ نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط آموخته ایم و اینکه چگونه PdM، که زیرمجموعه ای از نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط است، یک فعالیت PM ترجیح داده شده است زیرا اغلب غیرتهاجمی است. همانطور که در بخش ۳ اشاره کردم، فعالیت های PM می توانند با یکدیگر گردآوری شوند و اجرای آنها به این روش مؤثرتر است. بعضی از متدهای جدید، الگوهایی را به کار می گیرند که معمولاً آرایه ای از تکنیک های پیشبینانه را در شامل می شوند که برای خانواده ای از تجهیزات مشابه به کار برده می شوند. دورهٔ تناوب این فعالیت های PdM برای هر یک از آنها بسته به محیط، دسته بندی اهمیت و شرایط کاری مانند کارکردن در حالت پیوسته یا دوره ای متفاوت است. به عنوان مثال، یک الگوی متداول می تواند برای همهٔ موتورهایی با مقدار اسب بخار خاص به کار برده شود. این الگو، چندین فعالیت PdM مختلف را از جمله آنالیز ارتعاش، نمونه برداری از روغن، MCSA، ترموگرافی، بازرسی و غیره دربرمی گیرد. با این حال، بازه های زمانی برای فعالیت های PdM برای هر موتور اختصاصی خواهد بود. اجازه دهید به تعدادی از انواع مختلف تکنیک های PdM نگاهی بیندازیم.

[۱] sampling program

[۲] Different Predictive Maintenance (PdM) Techniques

۶-۱۲-۱- پایش و آنالیز ارتعاش[۱]

این نرم افزار کاربردی برای آشکارسازی سایش بیرینگ، شرایط بالانس نبودن یا دیگر مشکلات هم محور بودن[۲]، اغلب در ماشین های دوار مورد استفاده قرار می گیرد. سنسورهای لرزش[۳] می توانند سست شدن یا ترک خوردگی پایه های پشتیبان[۴] یا بالشتک های پشتیبان[۵]، خمیدگی یا ترک خوردگی شافت ها و مشکلات کوپلینگ را تشخیص دهند. نرم افزار آنالیز ارتعاش، روندیابی[۶] سطوح ارتعاش را امکانپذیر می کند به طوری که خرابی های در مرحلهٔ آغازین هم چنانکه به صورت فزاینده ای رو به وخامت می گذارند، می توانند پایش شوند.

۶-۱۲-۲-پایش صوتی[۷]

این نرم افزارکاربردی، برای آشکارسازی نشتی های داخلی و خارجی در همهٔ انواع شیرها مانند شیرهای با عملگر موتوری، شیرهای با عملگر بادی، شیرهای دستی و شیرهای یکطرفه[۸] به کار می رود. در این موارد، معمولاً هوا یا آب به وسیلهٔ یا از طریق پروانه، دیافراگم یا دیگر قطعات داخلی شیر نشت می کند. این نوع از پایش همچنین نشتی های از طریق لوله های مبدل حرارتی که ترک خورده اند، را آشکار می سازد.

۶-۱۲-۳-ترموگرافی یا پایش مادون قرمز[۹]

این تکنیک، یک تکنیک خیلی متداول برای پیدا کردن «نقاط داغ»[۱۰] با استفاده از دوربین های مادون قرمز است. اتصالات الکتریکی که شل شده اند، به آسانی به وسیلهٔ این تکنیک آشکار می شوند. این نرم افزارکاربردی همچنین برای آشکارسازی هر قطعه ای که ممکن است در دمایی بیش از حد معمولِ مورد انتظار کار می کند، مانند کلاف های رله و سیم پیچهای موتور، به کار می رود.

---

[۱] Vibration monitoring and analysis
[۲] alignment
[۳] Vibration sensors
[٤] support mounts
[٥] support pads
[٦] trending
[۷] Acoustic monitoring
[۸] check valve
[۹] Thermography or infrared monitoring
[۱۰] hot spots

۶-۱۲-۴- نمونه برداری و آنالیز روغن[۱]

این تکنیک، یک تکنیک بسیار متداول برای آشکارسازی خرابی های در مرحلهٔ آغازینِ بیرینگ یا چرخ دنده های داخلی[۲] است. مقدار کمی از روغن از قطعه خارج می شود و از نظر وجود ذرات ساییده شده و دیگر آلودگی ها مانند نفوذ آب به درون مخزنِ روغن، مورد آنالیز و بررسی قرار می گیرد. بعضی از پیشرفت های اخیر در مورد نمونه گیری روغن، تجهیزات با کاربرد آسان در سایت[۳] را شامل می شود. پیشتر، نمونه های روغن معمولاً به یک آزمایشگاه خارج از سایت برای آنالیز فرستاده می شدند.

۶-۱۲-۵-بازرسی اشعهX یا رادیوگرافی[۴]

این نرم افزار کاربردی، از X-ray ها برای آشکارسازی عیوب سطحی در قطعات جوش خورده یا دیگر قطعات فلزی مانند جداره ها[۵] یا بدنه های شیرها به کار می رود. هنگام به کارگیری این تکنولوژی، نهایت مراقبت باید انجام شود تا از آسیب رسیدن به افراد از سوی X-ray ها جلوگیری شود.

۶-۱۲-۶- بازرسی ذرات مغناطیسی[۶]

این نرم افزار کاربردی، شکاف های سطحی را در قطعات فلزی با ایجاد یک میدان مغناطیسی در اطراف قطعه ای که باید بازرسی شود، آشکار می سازد.

۶-۱۲-۷-تست جریان گردابی[۷]

تست جریان گردابی بسیار شبیه به بازرسی ذرات مغناطیسی است. این روش، یک میدان مغناطیسی و یک جریان گردابی برای آشکارسازی عیوب سطحی تولید می کند.

۶-۱۲-۸-تست اولتراسونیک[۸]

این روش نیز عیوب در قطعات فلزی را آشکار می کند. این روش بسیار شبیه به رادیوگرافی است، به جز اینکه از امواج صوتی برای آشکارسازی عیوب استفاده می کند.

---

[۱] Oil sampling and analysis
[۲] incipient bearing or internal gear failures
[۳] simple-to-use on-site equipment
[۴] X-ray or radiography inspection
[۵] casings
[۶] Magnetic particle inspection
[۷] Eddy current testing
[۸] Ultrasonic testing

۶-۱۲-۹- مایع نافذ[۱]

این تکنیک، از یک رنگ[۲] برای آشکارسازی شکاف های سطحی در لوله ها، جوش ها و دیگر قطعات فلزی استفاده می کند. رنگ، زیر یک نور ماوراء بنفش مشاهده می شود و شکاف در جایی که رنگ به داخل آن جذب می شود، رؤیت می شود.

۶-۱۲-۱۰-تجزیه و تحلیل امضای جریان موتور[۳]

این تکنیک، مشکلات موتور مانند میله های ترک خوردهٔ روتور و بعضی از مشکلات سیم پیچ های موتور را آشکار می سازد. یک پروب گیره دار[۴] ، نمودارهای جریان موتور را تحلیل می کند. تجربه با MCSA تا حدودی با دقت یافته هایش عجین بوده است.

۶-۱۲-۱۱- بازرسی های بوروسکوپ[۵]

این تکنیک، از یک بوروسکوپ برای بازرسی چشمیِ قطعات داخلی تجهیز که به صورت بیرونی نمی توانند بازرسی شوند، استفاده می کند. البته، در اینجا باید نقاط داخلی در دسترس بوراسکوپ جهت بازرسی باشند. این تکنیک معمولاً برای بازرسی های توربین و بازرسی های داخلی شیرهای بزرگ استفاده می شود.

۶-۱۲-۱۲- عیب یابی برای شیرهای با عملگر موتوری[۶]

روش عیب یابی متداول مورد استفاده برای شیرهای با عملگر موتوری MOVATS نامیده می شود. این روش، شامل مجموعه ای از تجهیزات است که الگوی سیگنال شیر را برای اندازه گیری تعداد زیادی از قرائت ها تشخیص می دهد. این ها شامل جریان موتور، تنظیمات سوئیچ گشتاور، نیروی میله، عملگر سوئیچ و وضعیت الکتریکی موتور است.

۶-۱۲-۱۳- عیب یابی برای شیرهای با عملگر بادی[۷]

این یک جعبهٔ تست عیب یابی[۸] است که برای آشکارسازیِ نشتیِ دیافراگم، مشکلات سیم پیچ عملگر بادی و دیگر مشکلات داخلی است که برای شیرهای دارای عملگر بادی به وجود می آید.

---

۱ Liquid penetrant
۲ dye
۳ Motor current signature analysis
۴ clamp-on probe
۵ Boroscope inspections
۶ Diagnostics for motor-operated valves
۷ Diagnostics for air-operated valves
۸ diagnostic test box

بسیاری از تکنیک های PdM توصیف شده در اینجا همراه فعالیت های دیگر PdM مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال، ممکن است نمونه گیری و تحلیل روغن، پایش ارتعاش و ترموگرافی همه با تجهیز مشابهی به کار برده شوند. استفاده از تکنیک های متعدد مختلف PdM معمولاً خرابی نوظهوری را آشکار خواهد کرد که ممکن است استفاده از فقط یک فعالیت PdM به تنهایی اینکار را نکند. تکنولوژی های جدید PdM پیشگام می شوند و هر روز تکنیک های جدیدتری توسعه داده می شوند. پایش پیوسته همراه با بعضی از این نرم افزارهای کاربردی PdM، به جای استفادهٔ دوره ای از این تکنیک ها، حتی پتانسیل بزرگتری را برای تشخیص مشکلاتِ نوپدید ارایه می دهد.

۶-۱۳- خلاصهٔ فصل

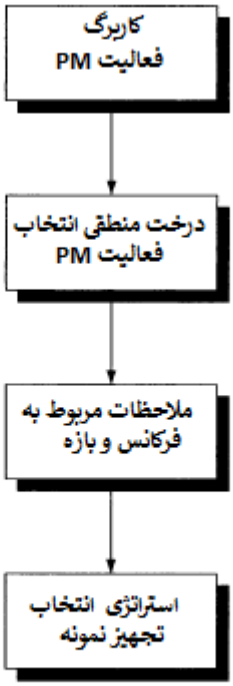
این بخش نشان داد که چگونه یک عنصر اصلی از فعالیت RCM، یعنی انتخاب فعالیت های PM، می تواند به صورت سرراست و غیرپیچیده انجام شود. به شکلهای ۶-۶-الف و ۶-۶-ب رجوع کنید، که این ایده را تقویت می کند که RCM کلاسیک می تواند واقعاً ساده سازی شود. اجازه دهید آنچه را که در این بخش پوشش داده ایم، خلاصه کنیم.

- سه دستهٔ کلی از فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه وجود دارد: مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان و جستجوی خرابی.
- انبوهی از انواع مختلف فعالیت ها وجود دارد که در یکی از این سه دسته قرار می گیرند. آنها شامل تعمیرات اساسی، بازرسی ها، تست های عملکرد[۱]، تست های قبل از استفاده[۲](تست های کارگاهی)، جایگزینی ها، دومونتاژها، تمیزکاری ها و انبوه بزرگی از فعالیت های PdM.
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط کارکرد-تا-خرابی نیست.
- PM های مبتنی بر شرایط نسبت به PM های مبتنی بر زمان ترجیح داده می شوند زیرا به عنوان یک قاعده، آنها غیر تهاجمی هستند. علاوه بر آن، مطالعات نولان و هیپ نشان می دهد که تقریباً ۸۹٪ همهٔ تجهیزات به صورت تصادفی خراب می شوند، بنابراین PM های مبتنی بر شرایط مؤثرتر هستند زیرا آنها به تجهیز اجازه می دهند تا انتهای قطعی عمرشان کار کنند. تکنیکهای نگهداری و تعمیرات پیشبینانه برای تعیین شرایط تجهیز مورد استفاده قرار می گیرند به طوریکه تعمیرات اساسی یا تعویض بتواند برنامه ریزی و زمان بندی شود تا از وقوع خرابی کارکردی جلوگیری کند.

[۱] performance test
[۲] bench tests

- PM های مبتنی بر زمان مانند تعمیرات اساسی و تعویض ها زمانی باید تعیین شوند که یک رابطهٔ عمر-تا-خرابی تشخیص داده شده باشد. مطالعات انجام شده توسط نولان و هیپ نشان می دهد که فقط تقریباً ۱۱٪ از تجهیزات یک رابطهٔ عمر با خرابی را از خود نشان می دهند.
- فعالیت های جستجوی خرابی برای تجهیزات بالقوه حیاتی قابل کاربرد هستند زیرا این تجهیزات نتیجهٔ خرابی های پنهان هستند .فعالیت های جستجوی خرابی برای تجهیزات حیاتی، تعهدآور و اقتصادی قابل کاربرد نیستند زیرا پیامد های خرابیش آنها فوری است. همچنین نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ جستجوی خرابی روی سیستم های ایمنی و تجهیزاتی که به صورت عادی کار نمی کنند (این تجهیزات بنا به تقاضا کار می کنند)، انجام می شوند.
- تولید، مهندسی و دیگر بخش ها نیز علاوه بر بخش نگهداری و تعمیرات فعالیت های PM انجام می دهند.
- معمولاً فعالیت های PM متعددی برای جلوگیری از هر دلیل خرابی وجود دارند. انتخاب فعالیت های PM، نیاز به قضاوت منطقی مهندسی توسط بخشی از افراد دارد که دربارهٔ تجهیز خبره هستند.
- دلیل خرابی باید معتبر و منطقی باشد.
- فعالیت PM باید قابل اجرا و مؤثر باشد.
- در غیاب یک فعالیت قابل اجرا و مؤثر، ممکن است یک تغییر طرح مورد نیاز باشد.
- تعیین فرکانس و بازهٔ بهینه بر مبنای ملاحظات مختلف زیادی است و نیاز به قضاوت منطقی مهندسی توسط بخشی از افراد دارد که دربارهٔ تجهیز خبره هستند.
- زمان بهینه برای ایجاد یک برنامهٔ قابلیت اطمینان در طول فاز طراحی تأسیسات است.
- یک استراتژی گزینشی همواره منطقی و گاهی اوقات ضروری است.
- فعالیت های PdM شامل پایش ارتعاش، پایش آکوستیک، ترموگرافی، نمونه برداری از روغن، بازرسی X-ray، تست جریان گردابی، تست اولتراسونیک، مایع نافذ، MCSA، بازرسی های بوروسکوپ، عیب یابی شیرهای دارای عملگر بادی و شیرهای دارای عملگر موتوری می شوند.

دسته ای از تجهیزات وجود دارد که تا این لحظه در مورد آنها بحث نکرده ایم. چگونه به تجهیزات ابزار دقیق رسیدگی کنیم؟ بخش ۷ به این موضوع می پردازد.



شکل ۶-۶-الف- منطق ساده شدهٔ انتخاب فعالیت PM

شکل ۶-۶-ب توالی منطقی RCM برای شناسایی فعالیت های PM

فصل۷ :RCM برای تجهیزات ابزار دقیق

تجهیزات ابزار دقیق[۱] بخش مهمی از استراتژی نگهداری و تعمیرات شما هستند و حوزه ای را تشکیل می دهند که به منظور تضمین قابلیت اطمینان آنها باید به آن پرداخته شود. تجهیزات ابزار دقیق معمولاً از انواع دیگر تجهیزات جدا می شوند. اگر چه آنها شناسهٔ تجهیز I.D متمایزی دارند، معمولاً در یک نوع کلاس خود قرار دارند. در بیشتر صنایع، تکنسین های خاصی وجود دارند که برای کالیبراسیون، نگهداری و تعمیرات، تعویض و تعمیر تجهیزات ابزاردقیق مهیا می شوند. صنایع مختلف از قراردادهای متفاوتی برای واژه های به کار رفته در تجهیزات ابزاردقیق استفاده می کنند. به عنوان مثال، ابزاردقیق می تواند برای کنترل یک تجهیز دیگر، روشن یا خاموش کردن چیزی یا فراهم نمودن یک زنگ هشدار عمل کند؛ آنها می توانند قرائتی از یک پارامتر خاص مانند دما یا فشار را فراهم کنند؛ یا می توانند یک جریان یا ولتاژ الکتریکی را پایش کنند. در بسیاری از صنایع، تجهیزات با مکانیزم کار ناشناخته[۲] به عنوان ابزار دقیق محسوب می شوند. در بسیاری از صنایع، تجهیزات ابزار دقیق به عنوان حلقه های ابزاردقیق[۳] شناسایی می شوند. یک حلقهٔ ابزاردقیق ممکن است متشکل از یک فرستنده[۴]، یک حسگر[۵] ، یک نشانگر[۶] و یک حالت دهنده یا مبدل سیگنال[۷] باشد.

تجهیزات ابزار دقیق به طور کلی از نظر توجیه زمانی که بازهٔ کالیبراسیون را می توان گسترده تر کرد یا زمانی که باید آن را کاهش داد، توجه بسیار کمی دریافت می کنند. به همین ترتیب، توجه بسیار کمی به معیار تولرانسی که یک خرابی کالیبراسیون را مشخص می کند، صورت می پذیرد.

این فصل راهنمایی هایی را در مورد نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ تجهیزات ابزار دقیقی که فقط یک قرائت از نشانگر[۸] را فراهم می کنند، ارائه می دهد. نگهداری و تعمیرات تجهیزات ابزار دقیق کارکردی[۹]، توسط فرایند RCM کنترل می شود. تجهیزات ابزار دقیق غیر کارکردی[۱۰]، از فرایند خاصی استفاده نمی کنند، اما برخی تصمیمات منطقی وجود دارد که می تواند دربارهٔ فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ آنها اتخاذ شود.

---

۱ Instruments
۲ black boxes
۳ instrument loops
٤ transmitter
٥ sensor
٦ indicator
۷ signal conditioner
۸ indicator reading
۹ Functional instrument
۱۰ Nonfunctional instruments

۷-۱-دسته بندی تجهیزات ابزار دقیق

من تجهیزات ابزار دقیق را به دو دسته تقسیم می کنم : آن دسته از تجهیزات ابزار دقیقی که یک کارکرد[۱]را فراهم می کنند و تجهیزات ابزار دقیقی که فقط یک شاخص[۲] را ، معمولاً از یک گیج یا یک مانیتور، فراهم می کنند. دستهٔ دوم شامل تمام تجهیزات ابزار دقیقی است که کارکرد خاصی را فراهم نمی کنند. بسیاری از مواقع خواندن روی گیج باعث انجام اقدامی می شود که نیاز به شروع یک کارکرد دارد، اما آن اقدام توسط یک شخص انجام می شود نه تجهیز ابزار دقیق.

اگر یک تجهیز ابزار دقیق کارکردی را ارائه می دهد، درکاربرگ COFA وکاربرگ فعالیت PM همراه با همهٔ تجهیزات دیگر تجزیه و تحلیل می شود. اگر تجهیز ابزار دقیق کارکردی را فراهم نمی کند، مطابق با درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق[۳] تجزیه و تحلیل می شود که بعداً در این فصل توضیح داده شده است.

یک کد تجهیز ابزار دقیق FI، نشاندهندهٔ یک تجهیز ابزار دقیق کارکردی، به آن دسته از تجهیزات ابزار دقیقی اختصاص داده می شود که کارکردی را ارائه می دهند. اگر تجهیز ابزار دقیق کارکردی را ارائه می دهد، هیچ تفاوتی با سایر تجهیزات کارکردی ندارد-آن تجهیز دارای یک کارکرد، یک خرابی کارکردی، یک حالت خرابی و یک پیامد خرابی است. آن تجهیز همچنین یک علت خرابی و یک PM قابل اجرا و مؤثر برای رسیدگی به هر علت خرابی دارد.

یک کد تجهیز ابزار دقیق II، نشاندهندهٔ یک تجهیز ابزار دقیق نشانگر[۴]، به آن دسته از تجهیزات ابزار دقیقی اختصاص داده می شود که فقط یک خوانش از شاخصی را ارائه می دهند، معمولاً از طریق یک گیج یا یک مانیتور. اکثر تجهیزات ابزار دقیق در گروه II قرار دارند.

دسته بندی تجهیزات ابزار دقیق FI توسط COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم کنترل می شود. تجهیزات ابزار دقیق تعیین شده به عنوان II، در درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق تجزیه و تحلیل می شوند، همانطورکه در شکل ۷-۱ نشان داده شده است. اگر یک تجهیز ابزار دقیق نشانگر به اندازهٔ کافی مهم است که بازخوانی یک شاخص خاص مستلزم انجام اقداماتی توسط پرسنل است، آن تجهیز را نمی توان در دستهٔ تجهیزات کارکرد-تا-خرابی در نظر گرفت. با این حال، اگر بازخوانی شاخصِ آن تجهیز نیازی به هیچ مداخلهٔ فوری نداشته باشد و مشخص شود که افزونگی دارد، سپس ممکن است آن تجهیز برای وضعیت کارکرد-تا-خرابی در نظر گرفته شود. فعالیت نوعی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای تجهیزات II یک کالیبراسیون دریک دورهٔ تناوب معین است.

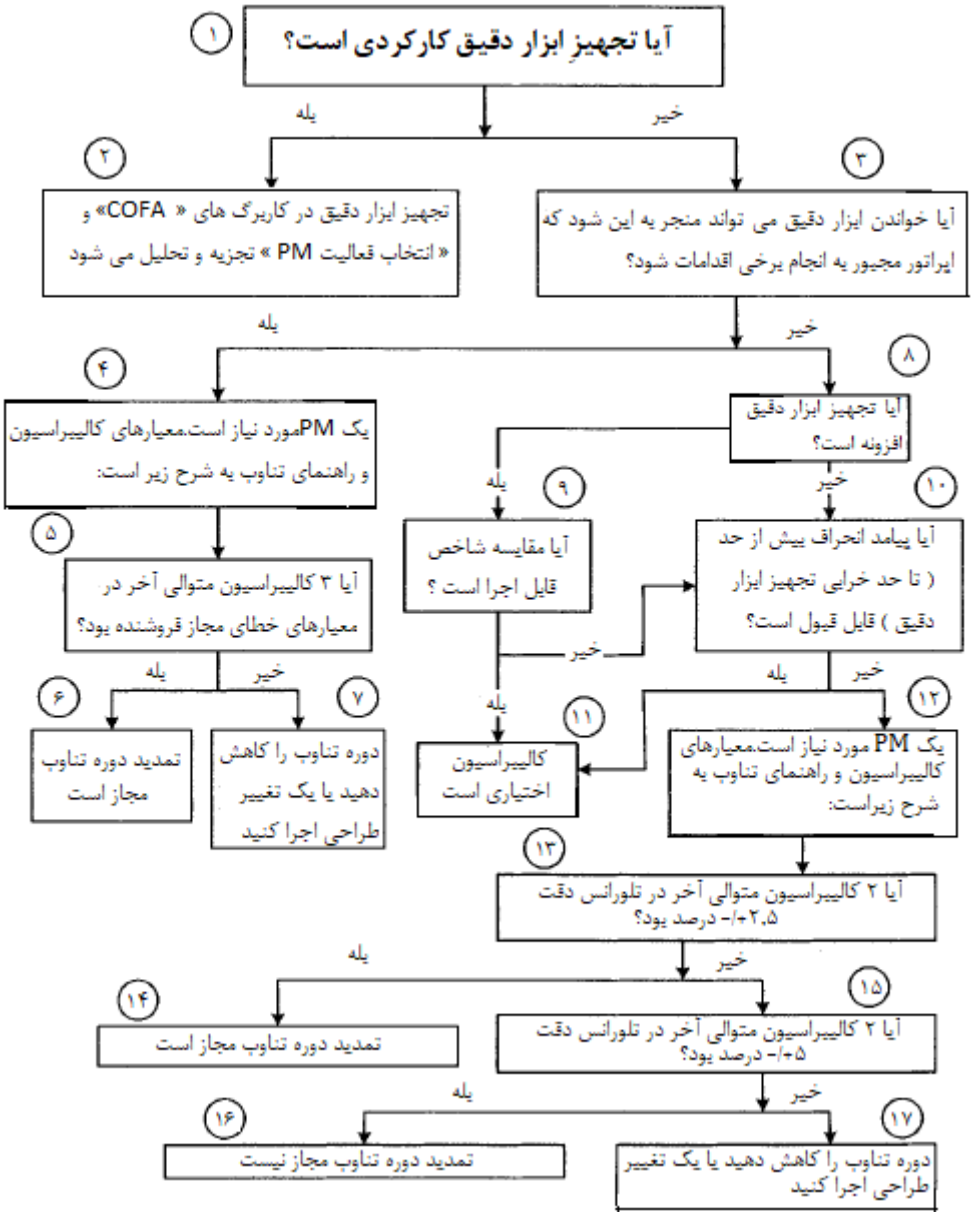
---

[۱] function

[۲] indication

[۳] Instrument Logic Tree

[۴] indication instrument



شکل ۷-۱-درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق

۷-۲-معیارهای تولرانس طراحی تجهیزات ابزاردقیق

بیشتر برنامه های کالیبراسیون نگهداری و تعمیرات برای تجهیزات ابزار دقیقِ نشانگر به دامنه های تغییرات مجاز دقت طراحی آنها از ۰/۲۵-/+ درصد یک مقدار نامی یا چیزی مشابه رجوع می کنند، که معیار ایجاد شده برای تجهیزات ابزار دقیق کاملاً جدید تحویل داده شده از فروشنده است. تجهیزات ابزار دقیق، در معرض انحراف تدریجی خروجی از مقدار کالیبره شده[۱]هستند. معمولاً داده های تاریخچهٔ کالیبراسیونِ نگهداری و تعمیرات تنها منبع داده ای است که به عنوان توجیهی برای تغییرِ دوره های تناوب کالیبراسیون استفاده می شود. استفاده از سطوح دامنهٔ تغییرات مجاز ۰/۲۵-/+ درصد، برآورده نشدن این معیار را توسط بیشتر گیج های

[۱] drift

معمولی زمانی که به طور معمول کالیبره می شوند تقریباً حتمی می کند، و در نتیجه تست کالیبراسیون در زمان کالیبرهٔ تجهیز ابزار دقیق، ناموفق اعلام می شود.
در بسیاری از موارد، این موضوع آنقدر محدود کننده است که اجازهٔ انعطاف پذیری کافی در تنظیم دوره های تناوب کالیبراسیون را نمی دهد، بنابراین درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق اجازه می دهد که در صورت لزوم دامنه های تغییرات مجاز محتاطانه تری مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال، یک تیغ ریش تراشی یک دامنهٔ تغییرات مجاز تعیین شده در کارخانه دارد. پس از اینکه شما فقط یکبار از آن تیغ ریش تراشی استفاده کردید، دیگر دامنهٔ تغییرات مجاز طراحی محدود کنندهٔ کارخانه را برآورده نمی کند، اما همانطورکه می دانیم، تیغ ریش تراشی هنوز تا وقتی قابل استفاده است که مشخص شود برای استفادهٔ عادی، خارج از دامنهٔ تغییرات مجاز است.
من در مورد اینکه چه زمانی می توان از این دامنه های تغییراتِ مجازِ دقت واقعی تر استفاده کرد، بسیار محتاط و دقیق بوده ام. اگر باید از این معیارهای دامنهٔ تغییرات مجاز آسان گیرانه استفاده کنید، به شما پیشنهاد می کنم که برای انجام این کار از مدیریت خود تأییدیه بگیرید. من اینها را فقط به عنوان اطلاعاتی غیر موثق بر اساس تجربه گنجانده ام. با این حال، باید درک شود که هرگاه هر تجهیز ابزار دقیق به هر دلیلی دوباره کالیبره شود، همواره با استفاده از دامنهٔ تغییرات مجاز دقت طراحی اصلی کالیبره می شود.

معیارهای کالیبراسیون قبل از تنظیم[۱] که برای تعیین یک خرابی کالیبراسیون برای تجهیزات ابزار دقیق کارکردی (**FI**) استفاده می شود، همواره مطابق با معیارهای استاندارد دامنهٔ تغییرات مجاز طراحی فروشنده است. معیارهای دامنهٔ تغییرات آسان گیرانه[۲]برای **FI** ها مجاز نیستند.

شکل ۷-۱ بسیار عمدی تعداد قبلی خوانش های کالیبراسیون متوالی را مشخص می کند که به منظور توجیه ایجاد هرگونه تغییر در دورهٔ تناوب کالیبراسیون، لازم است که قابل قبول بوده باشد.
برای تجهیزات ابزار دقیق غیرکارکردی که خوانش های آنها می تواند منجر به انجام اقدامات اپراتور شود، سه مورد کالیبراسیون متوالی قبلی باید مطابق با دامنه های تغییرات مجاز فروشنده باشد تا افزایش در دورهٔ تناوب توجیه شود. اگر سه خوانش متوالی گذشته معیارهای فروشنده را برآورده نکند، کاهش دورهٔ تناوب یا تغییر طراحی باید مورد بررسی قرار گیرد.
برای تجهیزات ابزار دقیق غیر کارکردی که خوانش های آنها منجر به انجام برخی از اقدامات توسط اپراتور نمی شود، معیارهای دامنهٔ تغییرات مجاز آسان گیرانه تر هستند و این امکان وجود دارد که کالیبراسیون مورد نیاز نباشد .

[۱] as-found calibration
[۲] Relaxed tolerance criteria

۷-۳-درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق[۱]

هر بلوک از درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق به ترتیب توضیح داده می شود.

۷-۳-۱-بلوک ۱: آیا تجهیز ابزار دقیق یک تجهیز کارکردی است؟

با شروع از بلوک ۱، ابتدا تعیین کنید که آیا تجهیز ابزار دقیق یک تجهیز کارکردی (FI) است یا غیرکارکردیِ فقط نشانگر است (II). برای اینکه یک تجهیز ابزار دقیق کارکردی باشد، باید یک کارکرد را فراهم کند؛ به عنوان مثال، یک کارکرد تریپ خودکار، یک کارکرد کنترلی، یک کارکرد زنگ هشدار، یا یک کارکرد اینترلاک را فراهم کند. اگر آن تجهیز ابزار دقیق، کارکردی باشد، منطق تا بلوک ۲ پیش می رود.

۷-۳-۲-بلوک ۲: تجهیز ابزار دقیق در کاربرگ COFA و کاربرگ انتخاب فعالیت PM تجزیه و تحلیل می شود.

اگر تجهیز ابزار دقیق یک تجهیز کارکردی باشد، مانند همهٔ تجهیزات دیگر در کاربرگ COFA و کاربرگ انتخاب فعالیت PM تجزیه و تحلیل می شود. اگر یک تجهیز کارکردی نباشد، در یک مسیر منطقی که با بلوک ۳ شروع می شود، پیش می رود.

۷-۳-۳-بلوک ۳ : آیا خواندن تجهیز ابزار دقیق می تواند منجر به این شود که اپراتور مجبور به آغاز نوعی اقدام شود؟

بلوک ۳ این سؤال را می پرسد که «آیا خوانش تجهیز ابزار دقیق می تواند منجر به این شود که اپراتور مجبور به انجام نوعی از اقدام شود ؟». این موضوع به این معنی است که حتی اگر آن تجهیز، یک تجهیز ابزار دقیق غیرکارکردی باشد، اطلاعات خوانده شده از آن تجهیز ابزار دقیق ممکن است منجر به این شود که کارکنان عملیات مجبور به آغاز نوعی از اقدام شوند یا به صورت دستی یک کارکرد خاص را انجام دهند. این کارکرد، ممکن است نیاز به خاموش کردن یک پمپ باشد اگر که فشارخوانده شده بیش از حد بالا برود یا نوشتن یک دستور نگهداری و تعمیرات اصلاحی پس از مشاهدهٔ قرائت یک تجهیز ابزار دقیق باشد که نشان می دهد تجهیز نیاز به نگهداری و تعمیرات اصلاحی دارد. این موضوع شامل تجهیزات ابزار دقیق مورد استفاده در طول گشتزنی های اپراتور است که برای تأیید قابلیت عمل کارکردی تجهیزاتی که خرابی آنها می تواند منجر به یک پیامد ناخواسته شود، انجام می شود.

غیر معمول نیست که بعضی اقدامات پرسنل مورد نیاز باشد، زمانی که قرائت تجهیز ابزار دقیق یک محدودیت پارامتری خاص را نشان دهد.گاهی اوقات، یک الزام قانونی یا برخی تعهدات مورد نیاز دیگر به مشاهدهٔ قرائت

[۱] The Instrument Logic Tree

تجهیز ابزار دقیق بستگی دارد برای تعیین این که آیا به حد یک پارامتر خاص رسیده است یا خیر. این موضوع تقریباً تمام تجهیزات ابزار دقیق اطاق کنترل را شامل می شود.
هدف از طرح این سؤال این است که یک استراتژی نگهداری و تعمیرات محتاطانه برای یک تجهیز ابزار دقیق غیرکارکردی اما مهم اعمال شود، تا مانع از کاندیدا شدن آن برای تجهیز کارکرد-تا-خرابی شود. پاسخ بله به بلوک ۳ ما را به بلوک ۴ می برد. پاسخ خیر ما را به بلوک ۸ می برد.

۷-۳-۴-بلوک ۴: یک PM مورد نیاز است. معیارهای کالیبراسیون و راهنمای دورهٔ تناوب به شرح زیر است.

این بلوک مشخص می کند که یک PM مورد نیاز است. اگر هیچ PM ای از قبل موجود نباشد، باید اضافه شود. معمولاً این امر مستلزم ایجاد یک PM برای کالیبرهٔ تجهیز ابزار دقیق است. بلوک ۴ همچنین معیارهای کالیبراسیون خاص و راهنمای دورهٔ تناوب را شامل می شود. توجه داشته باشید که این راهنما سختگیرانه تر از منطقی است که در صورت وجود پاسخ منفی به بلوک ۳ دنبال می شد. این کار، ما را به بلوک ۵ می برد.

۷-۳-۵- بلوک ۵ : آیا سه کالیبراسیون متوالی آخر در داخل معیارهای تولرانس فروشنده بودند؟
بلوک ۵ می پرسد که آیا سه کالیبراسیون متوالی اخیر در محدودهٔ تغییرات مجاز دقت فروشنده بوده است یا خیر. این محدوده مجاز، محدوده ۰.۲۵+/- درصد از مقدار اسمی محدودهٔ تغییرات مجاز است. از آنجا که این بلوک شامل تجهیزات ابزار دقیق غیرکارکردی نسبتاً مهم است، تاریخچهٔ سه خوانش متوالی اخیر باید نشان دهد که در داخل معیارهای محدودهٔ تغییرات مجاز فروشنده بوده است. اگر پاسخ مثبت است، به بلوک ۶ بروید. اگر پاسخ منفی است، به بلوک ۷ بروید.

۷-۳-۶-بلوک ۶ : افزایش دورهٔ تناوب مجاز است.
اگر سه کالیبراسیون متوالی اخیر در داخل محدوده های تغییرات مجاز فروشنده باشد، افزایش دورهٔ تناوب کالیبراسیون مجاز است.

۷-۳-۷- بلوک ۷: دورهٔ تناوب را کاهش دهید یا یک تغییر طراحی را اجرا کنید.
اگر سه کالیبراسیون متوالی اخیر در داخل محدوده های تغییرات مجاز فروشنده نبود، افزایش دورهٔ تناوب کالیبراسیون مجاز نیست. یک بررسی از مقادیر سوابق کالیبراسیون باید انجام شود تا مشخص شود آیا یک کاهش در دورهٔ تناوب یا یک تغییر طراحی باید انجام شود.

۷-۳-۸- بلوک ۸: آیا تجهیز ابزار دقیق افزونه است؟

این سؤال برای تعیین این است که آیا تجهیز ابزار دقیق افزونه است یا خیر. آیا تجهیز ابزار دقیق مستقل دیگری وجود دارد که مستعدِ حالت خرابی رایج مرتبط با این تجهیز نیست و همان پارامتر یا یک پارامتر قابل مقایسه را اندازه می گیرد؟ اغلب اوقات چندین تجهیز ابزار دقیق وجود دارند که یک پارامتر را اندازه می گیرند.

۷-۳-۹- بلوک ۹ : آیا یک مقایسهٔ شاخص[۱] قابل اجرا است؟

این سؤال می پرسد که آیا می توان به طور منطقی انتظار داشت که مقایسه هایی به صورت دوره ای انجام شود به گونه ای که انحراف بیش از حد خروجی یک تجهیز ابزار دقیق مورد توجه واقع شود و اقدامات اصلاحی می تواند در نظر گرفته شود یا خیر. برای مقایسه ملاحظه شود که قرائت های مقایسه باید بخشی از یک رویهٔ مستند باشد.

مواردی که این امر یک انتظار منطقی است، شامل موارد زیر است:

- هردو تجهیز ابزار دقیق پایش می شوند و در نزدیکی یکدیگر هستند، جایی که اپراتور به راحتی هر دو را می بیند.
- هر دو تجهیز ابزار دقیق درگزارشی که توسط همان فرد گرفته شده یا بازبینی شده ثبت می شوند.
- هر دو تجهیز ابزار دقیق توسط یک کامپیوتر برنامه ریزی شده پایش می شوند تا تفاوت بین قرائت ها مشخص شود.

مواردی که این امر یک انتظار منطقی تلقی نمی شود، شامل موارد زیر است:

- تجهیز ابزار دقیق افزونه معمولاً در دسترس نیست، یعنی در منطقه ای قرار دارد که به راحتی قابل دسترسی نیست.
- تجهیز ابزار دقیق افزونه از نظر واحدهای خوانش شاخص قابل مقایسه نیست.
- یک کامپیوتر هر دو نقطه را پایش می کند اما آنها را با هم مقایسه نمی کند.

[۱] indication comparison

۷-۳-۱۰-بلوک ۱۰ : آیا پیامد انحراف بیش از حد (تا حد خرابی تجهیز ابزار دقیق) قابل قبول است؟
به طور کلی پیامد های اقتصادی و عملیاتی خرابی یا انحراف یک تجهیز ابزار دقیق را در نظر بگیرید. توانایی PM مشخص شده را برای جلوگیری از خرابی یا انحراف ارزیابی کنید. هزینه یا پیامد خرابی های تجهیزی را که توسط تجهیز ابزار دقیق مربوطه پایش می شود، در نظر بگیرید.
اگر مشکلاتی که توسط این تجهیز ابزار دقیق نشان داده می شوند، به احتمال زیاد روی تجهیزات ابزار دقیق دیگر نیز نشان داده می شود و اگر هزینهٔ خرابی و هزینهٔ PM پایین است، سپس PM اختیاری است.
از سوی دیگر، اگر تجهیز ابزار دقیق از کار بیفتد یا به سمت نقطهٔ خرابی انحراف پیدا کند، که منجر به شرایطی شود که بدون نشانهٔ مناسبی می تواند برای مدت طولانی ادامه یابد، انحراف بیش از حد قابل قبول نیست. اگر هزینهٔ خرابی تجهیزی که پایش می شود بالا باشد، به طور مشابه انحراف بیش از حد قابل قبول نخواهد بود.
این بلوک، تجهیزات ابزار دقیقی را در نظر می گیرد که برای ایمنی، عملیات یا اقتصاد کارخانه مهم نیستند.
همینطور، اگر پیامد انحراف بیش از حد قابل قبول باشد اما نه تا نقطهٔ خرابی تجهیز ابزار دقیق، سپس دامنهٔ تغییرات مجاز تا حد ۵+/- درصد قابل قبول در نظر گرفته می شود. اگر انحراف تا نقطهٔ خرابیِ تجهیز ابزار دقیق قابل قبول باشد و بر اساس قرائت های تجهیز ابزار دقیق هیچگونه اقدام اپراتوری وجود نداشته باشد، سپس PM کالیبراسیون اختیاری است.

۷-۳-۱۱-بلوک ۱۱ : یک PM کالیبراسیون اختیاری است.
این بلوک نیازی به توضیح ندارد.

۷-۳-۱۲- بلوک ۱۲: یک PM مورد نیاز است. معیارهای کالیبراسیون و راهنمای دورهٔ تناوب به شرح زیر هستند.
این بلوک مشخص می کند که یک PM مورد نیاز است. اگر هیچ PM ای از قبل وجود نداشت، باید اضافه شود. معمولاً این امر مستلزم ایجاد یک PM برای کالیبره کردن تجهیز ابزار دقیق است. بلوک ۱۲، همچنین شامل معیارهای کالیبراسیون خاص و راهنمای دورهٔ تناوب است. توجه داشته باشید که این راهنما نسبت به منطقی که دنبال می شد اگر پاسخ به بلوک ۳ بله بود، کمتر سختگیرانه است.

۷-۳-۱۳- بلوک ۱۳ : آیا دو کالیبراسیون متوالی آخر در داخل ۲/۵+/- درصد تلورانس دقت بوده اند؟
این بلوک فقط برای تجهیزات ابزار دقیقی که برای ایمنی، عملیات و اقتصاد کارخانه مهم تلقی نمی شوند، قابل استفاده است و در هنگام وجود انحراف بیش از حد تا ۲/۵ درصد قابل قبول است. اگر دو قرائت کالیبراسیون متوالی اخیر در محدودهٔ ۲/۵+/- درصد بودند، کالیبراسیون رضایتبخش در نظر گرفته می شود و افزایش دورهٔ

تناوب مجاز است. اگر انحراف درمحدودهٔ ۲/۵+/- درصد نبود، بلوک ۱۵ می پرسد که آیا انحراف در محدودهٔ تغییرات مجاز دقت ۵+/- درصد بود یا خیر.

۷-۳-۱۴-بلوک ۱۴ : افزایش دورهٔ تناوب مجاز است.
افزایش در دورهٔ تناوب PM مجاز است.

۷-۳-۱۵- بلوک ۱۵ : آیا دو کالیبراسیون متوالی آخر در داخل ۵+/- درصد تلورانس دقت بوده اند؟
این بلوک نیز فقط برای تجهیزات ابزار دقیقی که برای ایمنی، عملیات و اقتصاد کارخانه مهم تلقی نمی شوند و سوابق انحراف کالیبراسیون آنها بیشتر از ۲/۵ درصد اما کمتر یا مساوی با ۵+/- درصد است، قابل کاربرد است. اگر قرائت های دو کالیبراسیون متوالی اخیر بین ۲/۵ و ۵ درصد بودند، دورهٔ تناوب فعلی مناسب است و نباید تغییر پیدا کند. اگر دو قرائت کالیبراسیون متوالی اخیر بیش از ۵ درصد بود، کاهش در دورهٔ تناوب یا تغییر طراحی باید در نظر گرفته شود.

۷-۳-۱۶- بلوک ۱۶: افزایش دورهٔ تناوب مجاز نیست.
دورهٔ تناوب موجود قابل قبول است و افزایش در دورهٔ تناوب مجاز نیست.

۷-۳-۱۷- بلوک ۱۷: دورهٔ تناوب را کاهش دهید یا یک تغییر طراحی را اجرا کنید.
کاهش دورهٔ تناوب PM یا یک تغییر طراحی باید بررسی شود.

۷-۴-خلاصهٔ فصل
مروری بر این فصل شامل نکات کلیدی زیر است:

- تجهیزات ابزار دقیق معمولاً در یک نوع کلاس خاص خود هستند.
- دو دستهٔ اصلی از تجهیزات ابزار دقیق وجود دارند : تجهیزات ابزار دقیق کارکردی(FI) و تجهیزات ابزار دقیق صرفاً نشانگر (II). تجهیزات ابزار دقیق همچنین ممکن است با هم گروهی تشکیل دهند تا یک حلقه تشکیل دهند که به موجب آن کل حلقه به عنوان تجهیز ابزار دقیق در نظر گرفته می شود.
- تجهیزات ابزار دقیق کارکردی، یک کارکرد را فراهم می کنند و تفاوتی با تجهیزات کارکردی دیگر ندارند. آنها یک کارکرد، یک خرابی کارکردی، یک حالت خرابی و یک پیامد خرابی مرتبط با خود دارند. آنها همچنین یک علت خرابی و یک PM قابل اجرا و مؤثر برای رسیدگی به هر علت خرابی دارند.

- تجهیزات ابزار دقیق کارکردی در COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم تجزیه و تحلیل می شوند.
- تجهیزات ابزار دقیق نشانگر فقط یک بازخوانی شاخص را، معمولاً از طریق یک گیج یا مانیتور، فراهم می کنند. بیشتر تجهیزات ابزار دقیق در این گروه قرار دارند.
- تجهیزات ابزار دقیق نشانگر در درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق تجزیه و تحلیل می شوند.
- تجهیزات ابزار دقیق در معرض انحراف تدریجی از نقطهٔ کالیبره هستند.
- معیارهای کالیبراسیون برای تجهیزات ابزار دقیق نشانگر معمولاً به محدودهٔ تغییرات مجاز طراحی ۰/۲۵+/- درصد رجوع می کنند. برای بسیاری از تجهیزات ابزار دقیق نشانگر، این بسیار محدودکننده است.
- درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق به روشی محتاطانه برای محدودهٔ تغییرات مجاز آسان گیرانه مهیا می شود، بسته به اینکه آیا قرائت های تجهیز ابزار دقیق می تواند منجر به این شود که اپراتور مجبور به انجام نوعی اقدام شود یا خیر.
- درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق راهنمایی را برای افزایش دورهٔ تناوب PM کالیبراسیون، کاهش دورهٔ تناوب یا اجرای یک تغییر طراحی فراهم می کند.
- سوابق کالیبراسیون قبلی برای توجیه تغییرات دورهٔ تناوب لازم است.
- اگر تجهیزات ابزار دقیق نشانگر افزونه هستند و قرائت های مقایسه می تواند به دست بیاید ، یک PM کالیبراسیون اختیاری است.
- هنگامی که هر تجهیز ابزار دقیق، کارکردی یا نشانگر ، در طول فعالیت PM خود کالیبره می شود، همواره با محدودهٔ تغییرات مجاز طراحیِ خود کالیبره می شود.

فصل ۸ : برنامهٔ پویای **RCM**

یک برنامهٔ پویا چیست؟ مانند خود زندگی، اگر برنامه ای پویا و در حال تکامل نباشد، یا خفته است یا مرده. یک برنامهٔ پویا برنامه ای است که به رشد، تکامل، تغییر و تنظیم ادامه می دهد. به تنفس و سازگاری با تغییرات در آرایش اصلی خود ادامه می دهد. شبیه به رشته های پزشکی و علوم که به طور مداوم در حال تکامل هستند، یک برنامهٔ تعمیر و نگهداری نیز باید تکامل یابد. اگر یک برنامهٔ تعمیر و نگهداری راکد بماند، دیگر مزایای هدف مورد نظر خود را ارائه نمی دهد. بسیاری از افراد معتقدند که به محض اجرای برنامه RCM خود، کارشان برای همیشه تمام شده است. آنها به برنامه اجازه می دهند تا به حالت غیرفعال برود.

اگر علم پزشکی خاموش بماند چه می شود؟ شگفتی های پزشکی مدرن امروزی را نخواهیم داشت که شامل کل حوزهٔ ژنتیک، بودن درآستانه پیشرفت در درمان بیماری آلزایمر، جراحی لیزر چشم و داروهای جدید که تقریباً هر روز در حال توسعه هستند.

در فصل ۵، زمانی که استراتژی قابلیت اطمینان دارایی را تعریف کردیم، بیان کردم که RCM محرکی برای یک برنامهٔ قابلیت اطمینان شرکت است. این امر زمانی آشکارتر می شود که صنعت با رقابت جهانی بیشتری مواجه می شود. این به نوبه خود تأسیسات و کارخانجات را تحریک می کند که برای یافتن روش های مؤثرتر و کارآمدتر برای انجام تجارت وحفظ سود کوشاتر باشند. همانطورکه می دانیم بودجهٔ نگهداری و تعمیرات برای هر کارخانه یا تأسیسات بخش قابل توجهی از هزینهٔ کل را تشکیل می دهد. بدین ترتیب، نگهداری و تعمیرات نقش مهمی در درآمد نهایی شرکت دارد. همچنانکه رقابت در سراسر جهان به رشد ادامه می دهد، شرکت باید تغییر کند و با آن رقابت سازگار شود و برنامهٔ نگهداری و تعمیرات شرکت نیز باید تکامل یابد و درلبهٔ برّانِ فن آوری های جدید نگهداری و تعمیرات باقی بماند و به طور مداوم برنامهٔ PM خود را طوری تنظیم کند که تا حد امکان کارآمد باشد.

شما یاد گرفته اید که چگونه یک برنامهٔ RCM متعالی را بر اساس داده هایی که در زمان اجرا داشتید، توسعه دهید. این به ویژه در مورد دوره های تناوبی که برای فعالیت های PM تجویز کرده اید صادق است. با این حال، همه چیز در معرض تغییر است. این تغییرات می تواند در نتیجهٔ حالت های خرابی جدیدی ایجاد شود که در زمان اجرا وجود نداشتند اما از آن زمان آشکار شده اند. تغییرات جدید در روش های نگهداری و تعمیرات ممکن است به اندازه کافی سودمند بوده باشد که امکان افزایش دوره های تناوب را فراهم کند. از سوی دیگر، برخی تغییرات در پارامترهای تجهیزات ممکن است منجر به نیاز به کاهش دوره های تناوب برای حفظ قابلیت اطمینان شود. تغییرات در کارخانه، تغییرات در تجهیزات، تغییرات در مشخصه های عملیاتی، فناوری های جدید PdM، که هر روز ظاهر می شوند-همه این عوامل در نیاز به بازبینی و به روز رسانی دوره ای برنامهٔ نگهداری و تعمیرات شما دخیل هستند.

نتایج برنامهٔ نگهداری و تعمیرات RCM در سیمان قرار داده نمی شوند بلکه در خاک رس چکش خوار قرار می گیرند. آنچه در بتن قرار می گیرد، منطق تصمیم گیری[۱] *RCM* است که تعیین می کند کدام تجهیزات نیازمند داشتن یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه هستند و منطق انتخاب فعالیت [۲] *PM* که دسته های مختلف را نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را تعیین می کند. روش RCM تغییر نمی کند، اما نتایج تجزیه و تحلیل قطعاً تغییر خواهد کرد.

۸-۱- مدلی برای یک برنامهٔ پویای RCM

این فصل برخی از روش هایی را توضیح می دهد که به شما کمک می کند تا برنامهٔ RCM خود را جاری و دقیق حفظ کنید. مثل ماشینی که به صورت دوره ای نیاز به تنظیم برای حفظ کارآمدی و قابلیت اطمینان دارد، برنامهٔ نگهداری و تعمیرات نیز نیاز به تنظیم دوره ای دارد. با این حال، تفاوت در این است که دورهٔ تناوب برای تنظیم کردن برنامهٔ نگهداری و تعمیرات تقریباً به صورت روزانه خود را نشان می دهد.

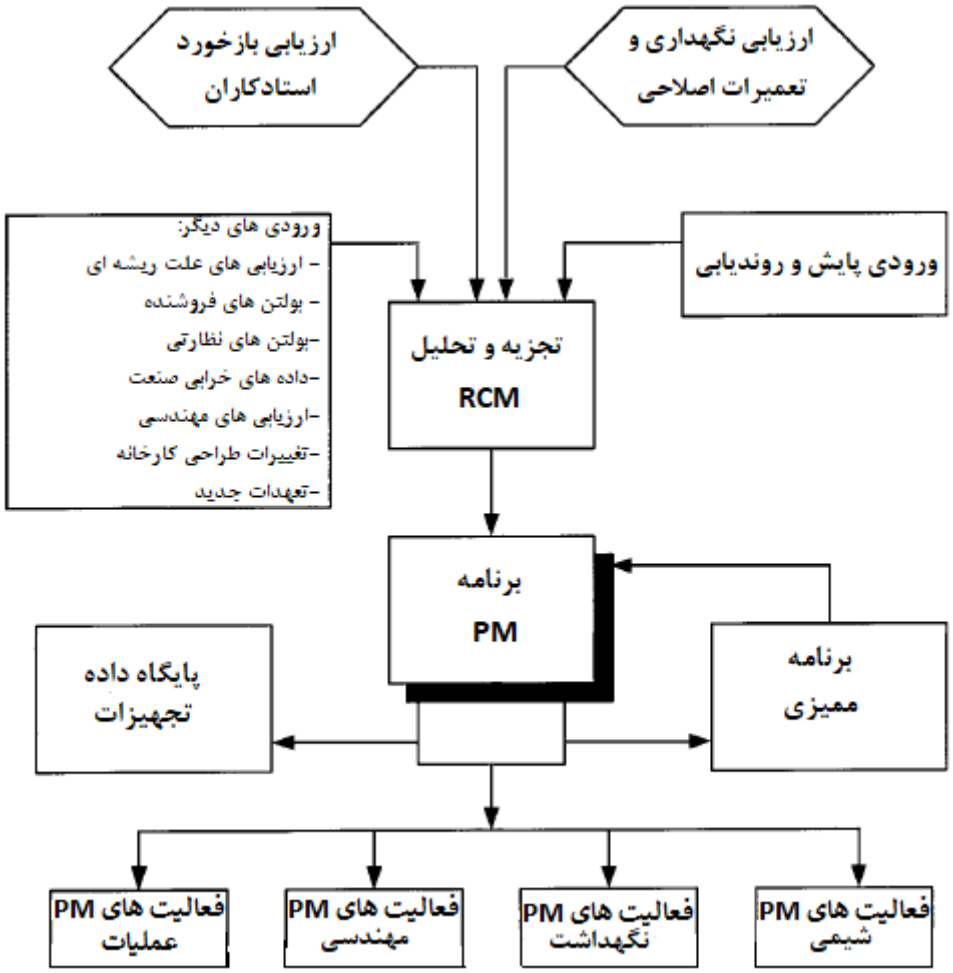
این امر تبدیل به یک تنظیم خودکار می شود- تنظیم خودکار بر اساس ارزیابی فعالیت های PM انجام شده؛ یا با ورودی جدید از فروشندگان مختلف، ورودی از صنعت به طور کلی، الزامات جدید از قوانین قابل اجرا؛ یا با به دست آوردن ویژگی های عملیاتی و طراحیِ تازه کشف شدهٔ خود تجهیزات.

برای مثال، من روش های ایجاد تغییرات در دورهٔ تناوب PM را بر اساس بازخورد از پرسنل استادکار انجام دهندهٔ فعالیت ها توضیح خواهم داد. من همچنین نگهداری و تعمیرات اصلاحی (CM) را به عنوان عنصری از فرآیند گنجانده ام. علاوه بر این، نتایج و بازخورد از یک برنامهٔ نظارت و روندیابی را به عنوان عنصری از یک برنامهٔ پویا گنجانده شده است. برنامهٔ نظارت و روندیابی برای عملکرد کارخانه به تفصیل در فصل ۹ مورد بحث قرار گرفته است.

برای داشتن یک برنامهٔ پویا، داشتنِ مقداری منطق تعبیه شده در فرآیند ضروری است. در غیر این صورت، شما برنامهٔ PM را به شیوه ای رفت و برگشتی با گسترش دوره های تناوب و سپس اجبار به کاهش آنها نوسان خواهید داد زیرا آنها را بیش از حد طولانی کرده اید. این کار زمان را هدر می دهد و فقط باعث سردرگمی همه افراد درگیر می شود. بنابراین، من مقداری «هوشمندی»[۳] به فرآیندهای تصمیم گیری وارد کرده ام تا از از امکان از حد خارج شدن و در نتیجه اجبار به حرکت یک دورهٔ تناوب به جلو و عقب جلوگیری شود. این همه بخشی از عنصر بازخورد از استادکار در برنامهٔ پویا است.

شکل ۸-۱ یک فرآیند مدل برای یک برنامهٔ پویای RCM را نشان می دهد.

[۱] RCM decision logic
[۲] PM Task Selection Logic
[۳] intelligence



شکل ۸-۱-مدلی برای برنامه پویای RCM

توجه کنید که منطق چگونه جریان پیدا می کند. همه ورودی ها مستقیماً به تحلیل RCM وارد می شوند. عنصر بازخورد از استادکاران و عنصر ارزیابیِ نگهداری و تعمیرات اصلاحی ورودی های اصلی هستند. سایر ورودی ها و ورودی نظارت و روندیابی نیز مستقیماً به موتور RCM وارد می شود. این موتورِ RCM است که برنامهٔ PM را به پیش می راند. گسترش از برنامهٔ PM، پایگاه دادهٔ تجهیزات و یک برنامهٔ ممیزی داخلی است. سپس برنامهٔ PM محرکی برای سازمان های مختلفی که فعالیت های PM را انجام می دهند، می شود. همانطور که در فصل ۶ ذکر شد، نگهداری و تعمیرات تنها سازمانی نیست که فعالیت های PM را انجام می دهد.

بیایید هر عنصر را با جزئیات بررسی کنیم.

۸-۱-۱- عنصر ارزیابی بازخورد از استادکاران[1]

این عنصر شاید یکی از مهمترین عناصر برنامهٔ پویا باشد. دلایل زیادی برای اهمیت این عنصر وجود دارد. یک دلیل اصلی این است که بازخورد مستقیمی از پرسنل استادکار انجام دهندهٔ فعالیت های PM که شما ایجاد کرده اید، ارائه می دهد. این عنصر تأیید می کند که وظایف PM واقعاً دقیق و درست هستند، آنها در دورهٔ تناوب مناسب برنامه ریزی شده اند، و این که آنها محدودهٔ کاری مورد نیاز را منعکس می کنند. وقتی فرکانس و بازه های زمانی PM شما ابتدا مشخص شد، آنها بر اساس عوامل زیادی بودند. بازخورد از استادکار یا تأیید می کند که آن عوامل دقیق بوده اند یا مجموعه ای از نتایج را ارائه می دهد که مبنایی برای تغییر در دورهٔ تناوب انتخاب شدهٔ اولیه یا محدودهٔ کار فراهم می کند.

دلیل دوم اهمیت این عنصر این است که خود پرسنل استادکار در این فرآیند دخیل می شوند. فصل ۲ به اهمیت مشارکت پرسنل استادکار در اقدام RCM اشاره کرد، از آنجایی که آنها فرستادگان نهایی برنامه هستند. احتمالاً برای ناموفق کردن تمام تلاش های شما، راهی سریعتر از تعیین فعالیت های PM مبتنی بر زمان وجود ندارد که توسط پرسنل استادکاری انجام می شود که می توانند ببینند آن تجهیز هنوز نیازی به تعمیر اساسی یا تعویض ندارد. این موضوع می تواند آنها را وادار کند که فکر کنند که تلاش های کاری آنها به هدر می رود- و آنها درست فکر می کنند. اگر پرسنل استادکار به نتیجه تلاش های شما باور نداشته باشند، مدت زیادی نخواهد گذشت که مدیریت ارشد شروع به ایجاد همان کنجکاوی شک برانگیز می کند.

میراث بردن پرسنل استادکار از افتخار مالکیت در برنامه واقعاً موضوع مهمی است. فصل ۲ نیز بیان کرد که هیچ انحصاری در دانش صنعتی وجود ندارد .پرسنل استادکار منبع اطلاعاتی بسیاارزشمندی هستند و شما آنها را متحدانی آماده خواهید یافت اگرکه آنها را وارد فرآیند کنید.

تجربه نشان داده است که معرفی بیشتر برنامه های جامع جدید که بر گروهی از ذینفعان مختلف تأثیر می گذارد، به موفقیت اولیه می رسد. با این وجود، اگر برنامه به اجبار به بخش عمده ای از ذینفعان تحمیل شود، مانند پرسنل استادکار، و آنها هیچ مکانی برای ارائه پیشنهادات سازنده نداشته باشند، طولی نمی کشد که موفقیت کاهش می یابد. به خاطر بسپرید که فعالیت RCM ممکن است در طول فرآیند توسعهٔ اولیه به دقت ۱۰۰ درصد نرسد، اما برنامهٔ شما باید برای آن هدف ۱۰۰ درصد پس از اجرا تلاش کند، بر اساس بازخورد ازعناصر برنامهٔ پویا.

عنصر بازخورد استادکاری می تواند به همان اندازه ای که شما می خواهید پیچیده باشد، یا می تواند نسبتاً ساده باقی بماند و همچنان تأثیرگذار باشد. می توان آن را با فرم های ساده انجام داد، یا می تواند به عنوان بخشی از سیستم CMMS شما در نرم افزار تعبیه شده باشد که در فصل ۴ مورد بحث قرار گرفت. برای تأسیسات نسبتاً بزرگ با یک گروه تجهیزات قابل توجه، یک فرآیند نرم افزاری کامپیوتری به شدت توصیه می شود. برای

[1] The craft feedback evaluation element

تأسیسات نسبتاً کوچکتر، یک فرم ساده ممکن است تمام چیزی باشد که مورد نیاز است. فقط کافی است شما تجربه و دانش برای گرفتن آن تصمیم را داشته باشید. من یک روش و منطق بازخورد استادکاری را ترسیم خواهم کرد که می توان آن را یا از طریق استفاده از فرم های ساده یا از طریق برنامه های نرم افزاری جامع تر پیاده سازی کرد. شما باید مناسب ببینید که هر حوزه ای را اصلاح، اضافه یا حتی حذف کنید تا برای وضعیت خاص خود به نتیجه بهتری برسید.

در عنصر بازخورد استادکاری، هر فعالیت PM به نظر کارشناسی و بهترین قضاوتِ استادکار یا تکنسین انجام دهندهٔ کار اجازه می دهد که مناسب بودن آن فعالیت را خودش تعیین کند. این موضوع محدودهٔ کاری فعالیت، دورهٔ تناوب فعالیت، و اینکه آیا توصیه ای برای اصلاح یا تنظیم دیگری در فعالیت وجود دارد یا خیر، را در بر می گیرد. پرسنل استادکار همچنین ممکن است در مورد تغییرات احتمالی در طراحی تجهیزات بر اساس تجربیاتشان نظر دهند. PM برنامه ریزی شده باید یک فیلد داده برای استادکار یا تکنسین داشته باشد تا شرحی از قضاوت خود در مورد PM را وارد کنند. شکل ۸-۲ راهنمایی برای آموزش پرسنل استادکار بر اساس شرایط نسبی PM هنگامی که آنها یک فعالیت خاص را انجام می دهند، ارائه می دهد. اکیداً توصیه می شود که به عنوان بخشی از این عنصر بازخورد، نوعی از ارتباط، یا به طور مستقیم یا از طریق ایمیل یا برخی از روش های ارتباطی دیگر برای ارائه بازخورد به استادکار یا تکنسین که ورودی آنها دریافت و به درستی بررسی شده است، ایجاد کنید. صرفاً درخواست بازخورد یک طرفه بدون یک پاسخ بازگشت از مزایایی که شما در تلاش برای رسیدن به آن هستید، کم می کند. تجربهٔ خودم و همچنین تجربهٔ صنعت بر اهمیت ارائهٔ پاسخ در زمانی که بازخوردی درخواست و دریافت شده است، تأکید می کند.


نمای کلی :

دسته بندی های درجهٔ بازخورد استادکاری برای استفاده از نظر حرفه ای استادکاران برای تأیید PM های موجود از نظر دقت ، کامل بودن محدودهٔ کار و مناسب بودن دورهٔ تناوب یا برای توجیه سایر تغییرات در PM در صورت لزوم ، طراحی شده است .

بازخورد استادکاری قصد ندارد شرایط تجهیز را توصیف کند ، بلکه فقط PM های مرتبط با تجهیز مورد نظر است . با این حال ، نظرات مربوط به شرایط تجهیز می تواند دریافت شود و در فرم های بازخورد ذکر شود.

درجهٔ دسته

۵ خوب : شرایط PM با همان شرایطی قابل مقایسه است که گویی PM اخیراً انجام شده است . تجهیز مانند نو است .افزایش دورهٔ تناوب را ارزیابی کنید.

٤ بالاتر از میانگین : شرایط PM بین خوب و میانگین است .استهلاک بسیار جزئی وجود دارد.

۳ میانگین : شرایط PM برای اجازه دادن به تجهیز برای انجام کارکردش کافی است . استهلاک طبیعی و مطابق انتظار است .PM با دورهٔ تناوب صحیح در حال انجام است .

۲ زیر میانگین : شرایط PM بین میانگین و ضعیف است .استهلاک بیش از حد انتظار وجود دارد .

۱ ضعیف : شرایط PM نشان می دهد که توجه لازم است . آن در نقطه ای است که کارکرد تجهیز به طور قابل ملاحظه ای بدتر شده است .کاهش دورهٔ تناوب را ارزیابی کنید .

شکل ۸-۲-دسته بندی های بازخورد استادکاری

پنج دسته بازخورد استادکاری وجود دارد: خوب (۵)، بالاتر از حد متوسط (۴)، متوسط (۳)، زیر متوسط (۲) و ضعیف (۱). بازخورد بر اساس شرایط فعالیت PM است و نه بر اساس شرایط کلی تجهیز. شرایط کلی تجهیز مهم است اما بخشی از فرآیند درجه بندی PM نیست. با این حال، ارائهٔ نظرات استادکاری مناسب در مورد تجهیزات خودش باید ترویج شود.

باید وسایل کافی برای استادکار یا تکنسین وجود داشته باشد تا درجهٔ دسته فعالیت های خود و هر نظر دیگری را، یا بر روی یک فرم کپی یا به عنوان ورودی داده به یک برنامه نرم افزاری مستند سازی کند. به خاطر داشته باشید که بازخورد درجه دسته برای وظیفه PM است.

به عنوان مثال، اگر یک PM نیاز به بازرسی و جایگزینی یک فیلتر دارد و پس از انجام فعالیت مشخص شد که فیلتر در حد نو بوده است، درجه دستهٔ ۵ انتخاب خواهد شد. حتی اگر تجهیزی که فیلتر بخشی از آن بود، در حالت خراب بود، PM برای بازرسی و تعویض فیلتر همچنان دارای درجهٔ ۵ خواهد بود.

برعکس، اگر فیلتر کاملاً مسدود شده بود و قادر به عبور جریان سیال مورد نیاز نبود، درجهٔ دستهٔ ۱ انتخاب خواهد شد.

هدف، دستیابی به درجهٔ دستهٔ ۳ است، که متوسط است. شما نمی خواهید فیلتر به طور درخشان تمیز شود، و شما نمی خواهید تقریباً به طور کامل گرفته شده باشد. آن فیلتر، باید مقداری نرمال از تخریب یا تجمع زباله متناسب با انتظارات شما را نشان دهد و باید کارکرد موفقیت آمیز تجهیز مربوطه و سیستم آن را انجام دهد، که نشان می دهد با دورهٔ تناوب مناسب تعویض می شود. در مورد تجهیز خرابی که فیلتر به آن وصل شده بود، یک نظر در مورد آن شرایط خرابی باید توسط استادکار وارد شود.

دسته های زیرِ متوسط و بالاتر از میانگین طوری گنجانده شده است که فرسایش های کم یا عدم وجود فرسایش قابل توجه تا حد امکان دقیق بتواند تعیین شود. اگر دسته بندی ها فقط برای خوب، متوسط و ضعیف وجود داشت، فرصت کافی برای انعطاف پذیری تصمیم گیری وجود نمی داشت.

داده های بازخورد فقط نیاز به شروع یک ارزیابی را مشخص می کند. هر برگهٔ دادهٔ بازخورد نباید به خودی خود تعیین کند که باید در یک PM تغییری ایجاد شود. هر ورودی داده باید به عنوان پرچمی برای توجه توسط ارزیاب در نظر گرفته شود. داده ها و نباید به طور خودکار باعث تغییر شود. یک نمونه چک لیست ارزیاب ها در شکل ۸-۳-الف برای درجه های دستهٔ ۱ و۲ و شکل ۸-۳-ب برای درجه های دستهٔ ۴ و ۵ نشان داده شده است. من قدری هوشمندی به فرآیند تصمیم گیری اضافه کرده ام تا اثرات دیگری که می تواند بر درجهٔ دسته تأثیر بگذارد، به حساب آورده شود. مثلاً ممکن است یک درجهٔ ۴ یا ۵ مستند شده باشد به این دلیل که نگهداری و تعمیرات اصلاحی که شامل تعویض فیلتر بوده است، اخیراً روی تجهیز انجام شده بود. از سوی دیگر، ممکن است یک درجهٔ ۱ یا ۲ مستند شده باشد زیرا PM به میزان قابل توجهی عقب افتاده بود و تا مدت‌ها پس از دورهٔ تناوب برنامه‌ریزی‌شدهٔ آن انجام نشده است، که آشکارا می‌تواند باعث شود که فیلتر زباله های اضافی را جمع کند.

بنابراین، من توصیه می کنم که حداقل دو و در صورت امکان حتی سه یا چهار درجهٔ مشابه متوالی قبل از ایجاد تغییرات در برنامه مستند شود. به این ترتیب، یک فرایند تکراری سازمان یافته برای تعریف فرکانس و بازهٔ بهینهٔ PM بر اساس قضاوت ارزیابان ایجاد خواهد شد.

همچنین در چک لیست ارزیابی یک سؤال گنجانده شده است، برای تأیید اینکه درجه مربوط به فعالیت PM است و نه شرایط کلی تجهیز. سؤال دیگر این است که آیا این یک اتفاق تصادفی بوده است. به عنوان مثال، ممکن است شخصی به طور تصادفی با گام برداشتن ناخواسته بر روی قطعه باعث آسیب قبلی به آن شده باشد. سؤال دیگر این است که آیا این درجه به سایر تجهیزات یکسان مربوط می شود یا خیر. اعتبار برای سایر PM های یکسان، می تواند به عنوان درجه های PM متوالی برای گردآوری داده ها و لذا برای پشتیبانی از یک تصمیم استفاده شود.

در اینجا عوامل دیگری وجود دارند که ارزیاب باید آنها را در نظر بگیرد تا برنامه بی جهت دچار نوسان نشود:

■ یک درجهٔ ۳ (متوسط مقدار مورد انتظار) ، باعث فعال شدن یک ارزیابی نخواهد شد، زیرا آن فعالیت در بهترین دورهٔ تناوب انجام می شود.

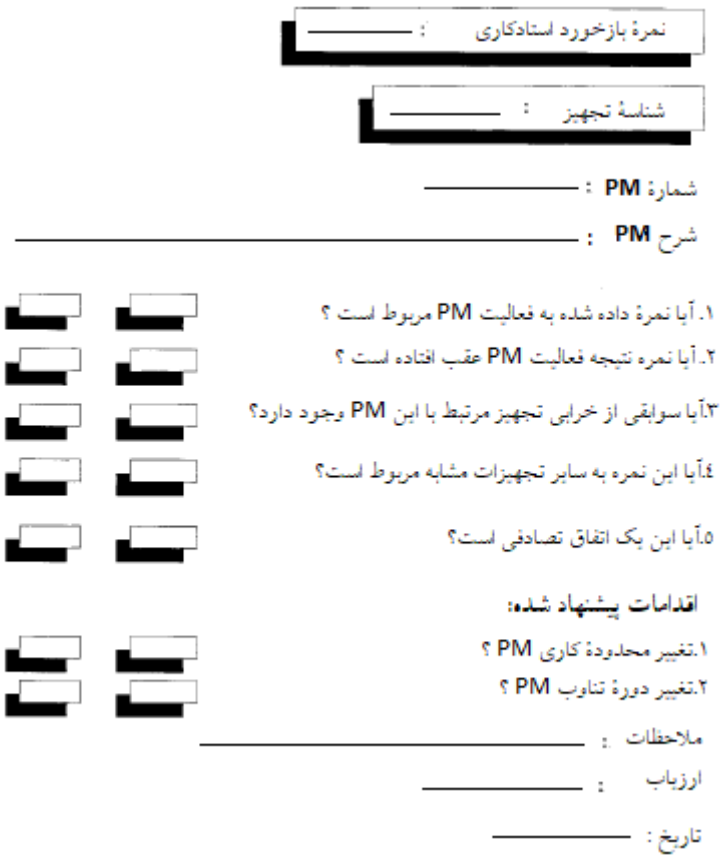
■ اگر شما بیش از یک کارخانه یا بیش از یک واحد تولیدی دارید و آنها تقریباً مشابه هستند، بازخورد تجهیزات در یک واحد می تواند برای توجیه تغییرات در تجهیزات مشابه موجود در واحد(های) دیگر استفاده شود اما فقط زمانی که تأیید شده باشد که نصب، محیط، طراحی و شرایط بهره برداری یکسان باشد.

■ اگر بیش از یک تجهیز یکسان در همان سیستم دارید و همان ساخت و مدل در همان محیط است (مانند چهار پمپ آب گردشی یکسان در همان سیستم در همان محیط) ، داده های تجزیه و تحلیل شده می تواند برای هر چهار پمپ یکسان اعمال شود.

توجه: تجهیزات با ساخت و مدل مشابه مورد استفاده در سیستم های مختلف در بخش های مختلف کارخانه با ارائه کارکردهای مختلف، یکسان در نظر گرفته نمی شوند و داده های بازخورد از یکی نمی تواند برای دیگری به کار برده می شود.

■ بسیاری از تأسیسات از یک لیست کاری برای PM های خود استفاده می کنند تا به عنوان مثال یک لیست جداگانهٔ PM برای چهار زمان جداگانه برنامه ریزی و زمان بندی نشود. در مورد چهار پمپ آب در گردش، پمپ ها یکسان هستند، آنها در یک مکان هستند، کارکرد آنها یکسان است و فیلترهای نصب شده بر روی هر چهار پمپ یکسان هستند. بنابراین، به جای صدورچهار برگهٔ PM جداگانه، فقط یک PM برنامه ریزی می شود که شامل تمیز کردن هر چهار فیلتر پمپ است.گاهی اوقات محدودهٔ کاری دیگری روی همان برگه برنامه ریزی می شود- به عنوان مثال، تعویض روغن گیربکس. اگر شما باید تعیین کنید که دورهٔ تناوب فیلتر را می توان افزایش داد اما تعویض روغن امکان پذیر نیست، پس شما یک انتخاب دارید: می توانید فیلترها را در برگه ای متفاوت برنامه ریزی کنید تا از مزیت افزایش دورهٔ تناوب برخوردار شوید، یا ممکن است حفظ همان دورهٔ تناوب مناسب تر باشد و تعمیر و نگهداری فیلتر و تعویض روغن را روی همان برگه با هم انجام دهید. تصمیم با شماست.

■ در مورد PM های هفتگی، ماهانه و سه ماهه چطور؟ این ها به قدری مکرر انجام می شوند که تأیید دورهٔ تناوب بهینهٔ آنها نباید زیاد طول بکشد . هنگامی که مشخص شد، ممکن است شما بخواهید ارزیابی کنید که آیا می‌خواهید به گنجاندن PM های هفتگی، ماهانه و سه ماهه در برنامهٔ بازخوردتان ادامه دهید یا خیر، چه خوب می شد اگر تعداد فرم های داده ای که شما دریافت خواهید کرد کاهش پیدا می کرد. این کار، زمان شما را برای تمرکز بر روی بررسی و تحلیل سایر ورودی های داده برای بقیه تجهیزاتتان آزاد می کند.


نمرهٔ بازخورد استادکاری : _____

شناسهٔ تجهیز : _____

شمارهٔ PM : _____

شرح PM : _____

۱. آیا نمرهٔ داده شده به فعالیت PM مربوط است ؟

۲. آیا نمره نتیجه فعالیت PM عقب افتاده است ؟

۳.آیا سوابقی از خرابی تجهیز مرتبط با این PM وجود دارد؟

٤.آیا این نمره به سایر تجهیزات مشابه مربوط است؟

۵.آیا این یک اتفاق تصادفی است؟

اقدامات پیشنهاد شده:

۱.تغییر محدودهٔ کاری PM ؟

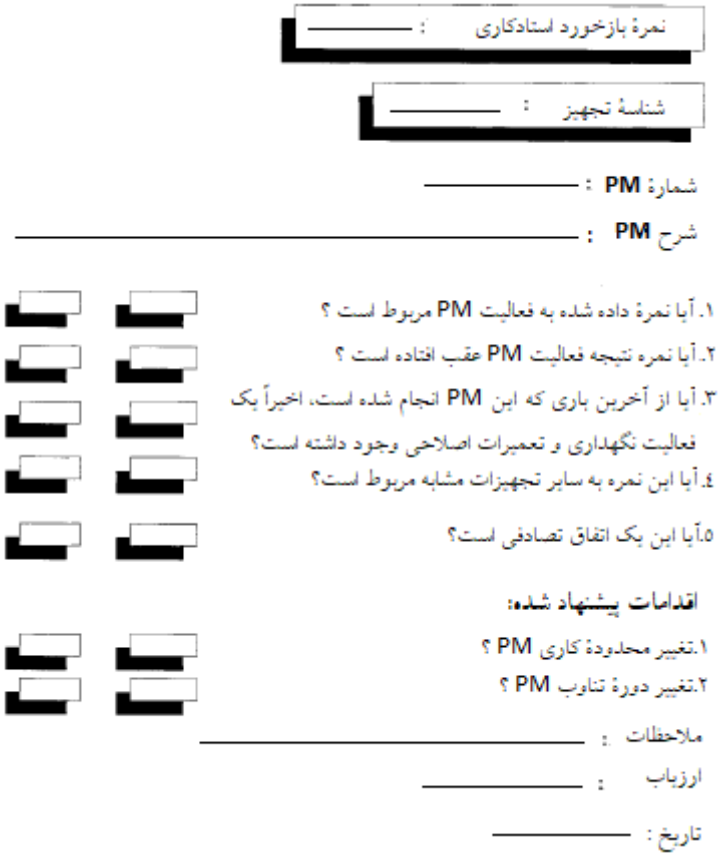
۲.تغییر دورهٔ تناوب PM ؟

ملاحظات : _____

ارزیاب : _____

تاریخ : _____

شکل ۸-۳-الف-چک لیست ارزیابان برای درجه های ۱ و ۲ دسته بندی بازخورد استادکاری


نمرهٔ بازخورد استادکاری : _____

شناسهٔ تجهیز : _____

شمارهٔ PM : _____

شرح PM : _____

۱. آیا نمرهٔ داده شده به فعالیت PM مربوط است ؟

۲. آیا نمره نتیجه فعالیت PM عقب افتاده است ؟

۳. آیا از آخرین باری که این PM انجام شده است، اخیراً یک فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی وجود داشته است؟

٤.آیا این نمره به سایر تجهیزات مشابه مربوط است؟

۵.آیا این یک اتفاق تصادفی است؟

اقدامات پیشنهاد شده:

۱.تغییر محدودهٔ کاری PM ؟

۲.تغییر دورهٔ تناوب PM ؟

ملاحظات : _____

ارزیاب : _____

تاریخ : _____

شکل ۸-۳-ب- چک لیست ارزیابان برای درجه های ۴ و ۵ دسته بندی بازخورد استادکاری

۸-۱-۲- عنصر ارزیابی نگهداری و تعمیرات اصلاحی

برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به طور مداوم با مقایسهٔ فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ تجویز شده با تجربهٔ فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی واقعی (CM) بهینه سازی می شود تا در صورت لزوم تغییرات در برنامه ایجاد شود.

این عنصر از برنامهٔ پویا، فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی را ارزیابی می کند تا برای کشف حالت های خرابی که ممکن است در تحلیل اولیه شناسایی نشده باشند یا در زمان تحلیل اصلی مشخص نبودند، بازبینی انجام شود. این عنصر همچنین سوابق CM را بررسی می کند تا تعیین کند که آیا PM های جدید باید اجرا شوند یا تغییراتی در محدودهٔ PM های موجود ایجاد شود. اگر تجهیز خاصی دارای سابقهٔ CM بالایی باشد که می تواند توسط یک PM مورد رسیدگی قرار گیرد، ممکن است این تجهیز به عنوان یک تجهیز اقتصادی نادیده گرفته شده باشد و باید در راهنمای تجهیزات اقتصادی مهم ثبت می شده است.

ارزیابی نگهداری و تعمیرات اصلاحی می تواند منجر به اضافه کردن PM ها، حذف PM ها، افزایش یا کاهش محدودهٔ کاری PM، افزایش یا کاهش دوره های تناوب PM شود یا تعیین کند که کارخانه می تواند نگهداری و تعمیرات اصلاحی را تحمل کند و هیچ اقدام دیگری مورد نیاز نیست. ارزیابی نگهداری و تعمیرات اصلاحی ورودی بسیار مهمی برای برنامهٔ پویا است تا اطمینان حاصل شود که برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به روز رسانی و تا حد امکان کارآمد می شود.

اگر یک تجهیز حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی همچنان سابقهٔ فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی مربوطه را دارد، می تواند نشانگر هر یک از شرایط زیر باشد:

- PM برای آن تجهیزات در محدودهٔ کاری آنها ناقص است.
- دوره های تناوب PM برای آن تجهیزات می تواند غلط باشد.
- PM ها در زمان برنامه ریزی شده انجام نمی شوند.
- نقایصی در فرآیند کنترل کار مربوط به برنامه ریزی و زمان بندی کار وجود دارد.
- در دسترس بودن قطعات یک مشکل است.
- ممکن است تغییر طراحی لازم باشد.

البته، فعالیت های PM باید برای حداقل یک دورهٔ برنامه ریزی شدهٔ کامل، امکان وجود داشته باشند. ممکن است نگهداری و تعمیرات اصلاحی رخ دهد اگر PM ها هنوز زمانی برای قرار گرفتن در برنامه را نداشته باشند. همانطور که در فصل ۵ اشاره کردم، تعداد فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی به خودی خود نشانگر نقص در برنامهٔ PM نیست. برخی از کتاب های RCM به طور خودکار یک تجهیز را به عنوان حیاتی طبقه بندی می کنند اگر که دارای تعداد زیادی فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی باشد. این یک شاخص نادرست

است. تعداد زیادی فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی برای اصلاح نقائص بسیار جزئی ایجاد می شوندکه عمل پذیری یا کارکرد تجهیز را تهدید نمی کنند. مثال ها شامل بریدگی یا خراش های جزئی، تنظیمات جزئی بسته بندی و مفقود شدن برچسب های شناسه[1] است. شمارش این فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی کاملاً غیر ضروری و استفاده از آنها برای توجیه تصمیم در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نه عاقلانه است و نه مقرون به صرفه.

انواع فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی که باید در یک فرایند تصمیم گیری در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه گنجانده شوند، شامل آن فعالیت هایی می شوند که به دلیل خرابی یا فرسایشِ قابل توجه یک تجهیز حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور یا اقتصادی به وجود آمده اند.

آستانهٔ ایجاد فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی، بسته به نوع صنعت و نوع کارخانه یا تأسیسات شما متفاوت است. برخی از صنایع این اجازه را نمی دهند که هر کاری که به طور خاص در محدودهٔ کاری PM گنجانده نشده است، انجام شود. اگر قرار باشد که PM، قطعه خاصی را بازرسی کند و قطعهٔ کناری آن نیاز به تعمیر داشته باشد، یک فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی جدید برای قطعه ای که در محدودهٔ کار گنجانده نشده است، لازم است. برخی از صنایع انعطاف پذیری بیشتری را در مورد کار اضافی که می تواند بر اساس دانش و تجربهٔ پرسنل استادکارِ انجام دهندهٔ PM انجام شود، فراهم می کنند. فهم این موضوع از انکار یک مغالطهٔ عمومی پذیرفته شدهٔ دیگر پشتیبانی می کند:

اینکه یکی از معیارهای موجود در برنامهٔ PM شما، باید نسبت PM/CM باشد. هر دستورالعملی برای تعداد خاصی از CM ها که باید برای هر PM انتظار داشت، در بهترین حالت سؤال برانگیز است. اکثر کارشناسان قابلیت اطمینان این همبستگی اشتباه را خیلی وقت پیش کنار گذاشته اند.

موضوع دیگری که برای CM ها اهمیت دارد، نحوهٔ ارتباط آنها با نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. همانطور که آموختیم، PdM فعالیتی انتخابی برای برنامهٔPM است. اما وقتی یک فعالیت PdM ارتعاش بیش از حد یاتاقان موتور را که نیاز به جایگزینی فوری دارد پیدا می کند، چه اتفاقی می افتد؟ آیا تعویض موتور به عنوان بخشی از فعالیت PdM (به عنوان مثال، یک PM مبتنی بر شرایط) درنظرگرفته می شود، یا اینکه یک CM برای تعویض موتور هنگامی که فعالیت PdM ارتعاش بیش از حد را کشف کرد، ایجاد می شود؟ فصل ۱۰ عمیق تر به این سؤال می پردازد.

[1] I.D. tags

۸-۱-۳- عنصر «ورودی های دیگر»[۱].

یک برنامهٔ پویا همیشه تحت تأثیر ورودی های مختلفی است که از منابع متعدد نتیجه می شود. هر یک از این ورودی ها می تواند بر برنامهٔ PM تأثیر بگذارد. برخی از رایج ترین آنها به شرح زیر است:

۸-۱-۳-۱-ارزیابی های علل ریشه ای[۲]

بسته به صنعت، ممکن است شما با ارزیابی های علل ریشه ای آشنا باشید یا نباشید. در بیشتر صنایع تحت نظارت مانند خطوط هوایی و انرژی هسته ای، یک خرابی تجهیز که منجر به پیامد خرابی قابل توجهی می شود، مستلزم یک ارزیابی علل ریشه ای است تا نه تنها علت خرابی را تعیین کند بلکه همچنین تعیین کند که کدام موانع کافی نبوده اند که اجازه بروز خرابی را داده اند. برخی از عواملی که در نظر گرفته می شوند عبارتند از: چه کمبودهای عامل انسانی وجود داشته است؟ چه نارسایی های رویه ای وجود داشته است؟ آیا موضوع فرهنگ مدیریت وجود داشته که منجر به خرابی شده است؟ آیا این نوع از خرابی قبلاً رخ داده است؟ آیا یک خرابی مشابه در داخل صنعت رخ داده است؟ هدف اصلی از ارزیابی علل ریشه ای برای جلوگیری از وقوع مجدد آن اتفاق است. معمولاً چندین توصیه از یک ارزیابی علل ریشه ای منتج می شود. همواره یکی از توصیه ها عبارت است از نوعی اقدام اصلاحی مربوط به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه.

با این وجود، ممکن است برخی از صنایعی که تحت نظارت نیستند، با این نوع ارزیابی دقیق آشنا باشند و از اقدامات اصلاحی حاصل از آن آگاه باشند. صنایعی که با ارزیابی های علل ریشه ای آشنا نیستند، ممکن است بخواهند در مورد ارزش اجرای این استراتژی بیشتر بیاموزند.

۸-۱-۳-۲- بولتن های فروشنده[۳]

بولتن های فروشنده منبع دیگری از اطلاعات هستند که اغلب منجر به تغییر در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می شوند. بدیهی است که توصیه های کتابچهٔ راهنمای فروشنده برای فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ای که باید بر روی تجهیزات آنها انجام شود، فوق محافظه کارانه خواهند بود. فروشندگان می خواهند تعهدات گارانتی خود را به حداقل برسانند و شما قطعات یدکی بیشتری را سفارش دهید که مطمئناً افراد مالی آنها خوشحال تر خواهند بود. همانطورکه در فصل ۶ اشاره شد، توصیه های فروشنده باید تنها یکی از ملاحظات بسیار برای ایجاد برنامهٔ PM شما باشد. فعالیت های دوره ای[۴]که فروشنده پیشنهاد می کند، همواره باید توسط تجربهٔ واقعی درون سازمانی خودتان تعدیل شود.

---

[۱] other inputs

[۲] Root-cause evaluations

[۳] Vendor bulletins

[۴] routine

بولتن های فروشنده موضوع دیگری است. اغلب، یک نقص طراحی یا نوع دیگری از نقص ساخت به یک فروشنده گزارش می شود و آنها موظفند مطابق با آن اقدام کنند. یک بولتن فروشنده را باید بیشتر از توصیه های روتین کتابچهٔ راهنمای PM فروشنده جدی گرفت. ممکن است لازم باشد شما اقدام اصلاحی سریعتری در مورد تجهیزات عرضه شده توسط فروشنده ای که بولتنی منتشر کرده است که یک نقص طراحی را مشخص کرده است، اتخاذ کنید.

۸-۱-۳-۳- بولتن های نظارتی[۱]

صنایع تحت نظارت مقررات نهادهای نظارتی، اغلب بولتن های نظارتی دریافت می کنند. این بولتن ها از اولویت بسیار بالایی برخوردار هستند. یک آژانس نظارتی، اغلب بولتنی را صادر می کند-گاهی اوقات به شکل یک اطلاعیه خبری[۲]-زمانی که چیزی نیاز به توجه فوری دارد. ممکن است این اطلاعیه یک الزام جدید برای انجام یک بازرسی خاص باشد، یا ممکن است نیاز به تعویض قطعه خاصی باشد. این موضوع در هوانوردی تجاری کاملاً رایج است زمانی که یک مشکل طراحی توسط سازندهٔ بدنه هواپیما یا FAA کشف می شود. در بیشتر مواردی که یک بولتن نظارتی یا اطلاعیه خبری منتشرمی شود، برخی از جنبه های برنامهٔ نگهداری و تعمیرات را تحت تأثیر قرار می دهد.

بولتن ها و اطلاعیه های خبری می توانند توسط OSHA، EPA، ناسا، NRC، FDA یا هر آژانس نظارتی دیگری صادر شوند. غیر معمول نیست که اضافه کردن یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ کاملاً جدید در نتیجهٔ یک بولتن یا اطلاعیه خبری به یک الزام دائمی تبدیل شود. در صورتی که تجهیزِ تحت بررسی قبلاً به عنوان حیاتی یا بالقوه حیاتی شناسایی نشده باشد، به یک تجهیز تعهدآور تبدیل می شود.

۸-۱-۳-۴- داده های خرابی صنعت[۳]

این هم، منبع دیگری از ورودی برای برنامهٔ پویا است. همانطور که قبلاً ذکر شد، بسیاری از صنایع، داده های خرابی خود را با یکدیگر به اشتراک می گذارند. حتی در یک محیط رقابتی، به اشتراک گذاری داده های مهم خرابی بر عامل پنهان کاری غلبه می کند. هیچ کس نمی خواهد کارخانه یا تأسیسات دیگری را در آتش سوزی، انفجار یا جراحت ناشی از یک نقص شناخته شده ببیند که می شد با به اشتراک گذاشتن دانش فنی از آن جلوگیری کرد. بنابراین، داده های خرابی در مورد تجهیزات مشابه مورد استفاده دیگران در همان صنعت، یک عامل قابل ملاحظه برای برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه درتأسیسات شما است. توجه به این نکته مهم

[۱] Regulatory bulletins
[۲] information notice
[۳] Industry failure data

است که داده های صنعت قبل از اعمال هر گونه تغییر کورکورانه در برنامهٔ شما باید به دقت مورد بررسی قرارگیرند. به عنوان مثالف تنها این که یک تجهیز باعث ایجاد یک رویداد در یک تأسیسات شده است، به طور خودکار به این معنی نیست که یک تجهیز مشابه همان رویداد را در یک تأسیسات دیگر ایجاد خواهد کرد. شما نیاز دارید بدانید که آیا این یک نقص طراحی بوده است یا یک شرایط عملیاتی که باعث خرابی شده است. یک نقص طراحی می تواند برای هر کارخانه ای که از آن تجهیز استفاده می کند، مشترک باشد. شرایط عملیاتی که در آن تجهیز مشابه در یک محیط کاملاً متفاوت با پارامترهای عملیاتی کاملاً متفاوت استفاده شده است، ممکن است به این کار نیاز نداشته باشد که شما برنامهٔ خود را تغییر دهید. چه می شود اگر شیر XYZ در یک کارخانهٔ ذوب استفاده شود که در آن خرابی ناشی از دمای بیش از ۱۰۰۰ درجهٔ فارنهایت است، اما شما از یک شیر XYZ مشابه در یک منطقهٔ منجمد استفاده کنید که در آنجا دما هرگز به دمای محیط نمی رسد؟ داده های صنعت فقط به عنوان یک پرچم عمل می کنند. ارزیابی بیشتر برای اطمینان از قابلیت کاربرد آن در تأسیسات شما ضروری است.

۸-۱-۳-۵- ارزیابی های مهندسی[۱]

این ارزیابی ها شبیه به ارزیابی‌های علل ریشه ای هستند، اما کاملاً رسمی نیستند. برای تأسیساتی که دارای کادر مهندسی هستند، بسیار رایج است که برای رویدادهای کارخانه وخرابی های تجهیزات یک ارزیابی مهندسی به راه انداخته شود. هر زمان که این اتفاق رخ می دهد، تقریباً همیشه نوعی تغییر در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تضمین می شود. مجدداً، اگر تجهیزِ در حال ارزیابی قبلاً به عنوان تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی طبقه بندی نشده است، به احتمال زیاد پس از ارزیابی مهندسی به عنوان یک تجهیز تعهدآور توصیه می شود، هر چند یک تعهد داخلی .

۸-۱-۳-۶- تغییرات در طراحی کارخانه[۲]

تغییرات و اصلاحات در طراحی کارخانه ممکن است از طریق افزودن تجهیزات جدید یا از طریق تغییرات در روش عملکرد و کارکرد تجهیزات موجود بر برنامهٔ PM تأثیر بگذارد. این یک ورودی آشکار به تحلیل RCM است که طبقه بندی را برای هر تجهیز جدید تعیین می کند. این ها از تجهیز حیاتی تا تجهیز کارکرد-تا-خرابی را شامل می شوند. فرآیند RCM تعیین می کند که آیا تجهیزات جدید یا طراحی کارکردی جدید برای تجهیزات موجود، اثری بر برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه دارد یا خیر. کاربرگ COFA و درخت منطقی تصمیم گیری COFA راه حل درست را ارائه می دهد.

[۱] Engineering evaluations
[۲] Plant design changes

۸-۱-۳-۷- تعهدات جدید[۱]

این ورودی، مشابه تعهداتی است که می تواند از طریق ارزیابی های علل ریشه ای، بولتن های فروشنده، بولتن های نظارتی، اطلاعیه های خبری و ارزیابی های مهندسی حاصل شود. بسته به صنعت شما، یک تعهد جدید همچنین ممکن است با یک «دستور رسمی»[۲] ایجاد شود. برای یک مدیر عامل، معاون یا مدیر رویدادی غیر معمول نیست که تعهدی را اعلام کند. با این حال، اگر دستور آنها قبلاً در معیارهای قابلیت اطمینان دارایی شما که در فصل ۵ مورد بحث قرار گرفت، گنجانده نشده باشد، این کار بعید خواهد بود. اگر گنجانده نشده است، اکنون نیاز است که باشد.

۸-۱-۴- پایش و روندیابی[۳]

پایش و روندیابی، اصطلاحی است که بسته به آنچه که به آن اشاره دارد، می تواند معانی بسیار متفاوتی داشته باشد. می تواند به تجهیزات منفرد یا کل کارخانه اشاره داشته باشد. وقتی به تجهیزات منفرد اشاره می شود، پایش و روندیابی برای تشخیص نرخ خرابی ها و فرسایش های اولیه برای یک تجهیز قبل از رخ دادن خرابی کامل آن انجام می شود. این کار شامل انجام فعالیت های پایش وضعیت PdM، تجزیه و تحلیل نتایج آن فعالیت ها و مقایسهٔ آنها با قرائت های قبلی برای تشخیص روند و نرخ افت عملکرد تجهیزات می شود. این حلقهٔ بازخورد یک عنصر بسیار مهم برای تنظیم دورهٔ تناوب PM و برای اعمال تغییرات دیگر در برنامهٔ PM است، مانند اینکه آیا می توان با نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شدهٔ متفاوت یا با تکرار بیشتر از خرابی تجهیز جلوگیری کرد.

هنگامی که پایش و روندیابی به کل کارخانه اشاره دارد، این امر مستلزم ایجاد معیارهایی برای پایش و روندیابی عملکرد کلی کارخانه شما است. فصل ۹ به طور کامل به پایش و روندیابی عملکرد کلی کارخانه اختصاص دارد. این یک رادار ناوبری است که توسط آن شما می توانید بگویید که آیا برنامهٔ RCM همانطور که مورد نظر شماست، انجام می شود. این داده ها به عنوان ورودی برنامهٔ پویای شما نیز فوق العاده مهم است و بازخورد بسیار روشنگری در مورد اثربخشی[۴] برنامهٔ PM شما فراهم می کند.

۸-۱-۵- عنصر تجزیه و تحلیل RCM[۵]

تمام عناصر ورودی، مستقیماً به موتور RCM وارد می شوند. در داخل عنصر تجزیه و تحلیل RCM است که تمام تصمیمات مربوط به تغییرات در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه گرفته می شود. همه ورودی ها از

[۱] New commitments
[۲] edict
[۳] Monitoring and trending
[۴] effectiveness
[۵] RCM analysis element

همان منطق COFA عبور می کنند تا قابلیت کاربرد آنها در برنامهٔ PM تعیین شودن ، البته به جز برای هر تعهد ضروری جدیدی که به طور خودکار بخشی از برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می شود. بازخورد استادکارین ، ارزیابی نگهداری و تعمیرات اصلاحی، و عناصر پایش و روندیابی به طور خودکار فراخوانی نمی شوند تا زمانی که آنها بررسی و متعاقب آن در فرآیند RCM تجزیه و تحلیل شوندن . حفظ هوشیاری در مورد PM های اضافه شده به برنامه بسیار مهم است، در غیر اینصورت درخواهید یافت که برنامهٔ شما با کارهای عمدتاً غیرضروری در حال افزایش است.

ورودی های موتور RCM پویا و کنش گرایانه هستند. عناصر ورودی باید به طور مداوم و به موقع ارزیابی شوند. این موضوع فراتر از سند SAE JA۱۰۱۱ است که فقط یک بررسی دوره ای را توصیه می کند. من منطقی را برای برنامهٔ پویا طوری قرار داده ام که شما مجبور نباشید منتظر یک بازبینی دوره ای باشید تا اقدامی انجام دهید، زیرا انجام این کار شما را طبق تعریف در یک حالت واکنشی قرار می دهد.

برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی برRCM شما، باید با اعمال تغییرات به محض آشکار شدن آنها، همچنان برجستگی خود را حفظ کند. این کار می تواند منجر به اضافه شدن عاقلانه به برنامه شود، یا می تواند منجر به حذف PM ها از برنامه شود. تغییرات دوره های تناوب نیز می تواند در هر دو جهت باشد. ممکن است آنها افزایش پیدا کنند، یا ممکن است نیاز به کاهش داشته باشند. فن آوری های جدید PdM می توانند برای حذف PM های مبتنی بر زمان به کار گرفته شوند. برنامه پویا باقی می ماند. از این رو، این برنامه واقعاً یک برنامهٔ زنده است.

۸-۱-۶-پایگاه داده تجهیزات[۱]

پایگاه داده تجهیزات، باید همیشه جاری بماند. هر یک شناسه تجهیز باید بر اساس منطق COFA، در مورد اینکه آیا بحرانی، بالقوه حیاتی، تعهد، اقتصادی، یا اجرا تا شکست است، طبقه بندی شود. ممکن است برخی از تأسیسات بخواهند تعیین کنند که فقط طبقه بندی حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی را ایجاد کنند و همه تجهیزات دیگر را کارکرد-تا-خرابی فرض کنند. این امر تا زمانی که هر تجهیز تجزیه و تحلیل شده و به حساب آورده شود، قابل قبول است. بدون یک نامگذاری مشخص، نمی توان تعیین کرد که آیا تجهیز تخصیص داده نشده یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی است یا یک تجهیز تحلیل نشده.

۸-۱-۷- ممیزی PM[۲]

ممیزی PM، عنصر مهمی است که باید در نظر گرفته شود. برنامه ممیزی که من از آن دفاع می کنم، باید دوره ای باشد. تأسیسات متفاوت و صنایع متفاوت متدولوژی های خود را برای چگونگی و زمان ایجاد تغییرات

[۱] Equipment database
[۲] PM audit

در برنامهٔ PM و اینکه چه کسی آن را انجام می دهد، دارند. اکیداً توصیه می شود که یک گروه و یک سرپرست مسؤول باشد و در نهایت پاسخگوی مدیریت تمام تغییرات در برنامه باشد. او باید دربانی برای همهٔ تغییرات باشد. برنامه ای که در آن تغییرات می تواند توسط هر کسی با دسترسی به پایگاه داده الکترونیکی یا به سیستم بایگانی کارت شاخص[1] مورد بحث در فصل ۴ ایجاد شود، یک دعوتنامه برای دردسر و ایجاد مشکلات است. موارد زیادی وجود داشته است که فقدان کنترل، اجازهٔ ورود غیرمجاز به پایگاه داده را برای حذف فعالیت ها، تغییر دوره های تناوب و حتی اضافه کردن فعالیت ها بدون هیچ توجیهی و بدون آگاهی هیچ کس از تغییرات به جز شخص ایجاد کنندهٔ آن داده است. اگر این امر نوعی از ترتیبات است که تأسیسات شما دارد و اگر شما در یک محیط تحت نظارت هستید، در شرایط سختی قرار دارید. حتی اگر در یک محیط تحت نظارت نباشید، باز هم این یک فعالیت خوب نیست.

دستورالعمل راهنمای مشخص در مورد اینکه چه کسی مسؤول و پاسخگو برای اجرای تمام تغییرات در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است، تغییرات چگونه مستندسازی شوند، و چه زمانی آنها رخ می دهند، یک ضرورت مطلق است. لازم نیست مدیر برنامه نقطهٔ تماس RCM باشد. با این حال، مدیر باید تنها نقطهٔ تماس برای مستند سازی و نگهداری سوابق برای همه تغییرات باشد.

یک چالش کوچک برای مدیر برنامه وجود دارد. همانطور که آموختیم، برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه فقط یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات نیست، بلکه یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در سطح کارخانه است همراه با سازمان های مختلفی که همه در انجام فعالیت های مختلف PM مشارکت دارند. بنابراین، در مورد فعالیت های PM توصیه شده برای هر تجهیز، باید کاملاً مشخص شود که کدام گروه مسؤولیت یک فعالیت معین را بر عهده دارد. مثلاً، اگر درخت منطقی انتخاب فعالیت PM به یک اپراتور جهت گشتزنی به عنوان نوعی PM بازرسی برای یک تجهیز معین اعتبار داده باشد، نیاز است که این مسئولیت بر اساس آن مستند شود.

برنامهٔ نهایی PM که تمام فعالیت های PM را برای همه تجهیزات در برنامه گردآوری می کند، باید به وضوح مشخص کند که چه کسی مسؤول و پاسخگو برای انجام هر فعالیت است. در بسیاری از صنایع، سازمان مهندسی مسؤولیت فعالیت های PdM مانند ترموگرافی، آنالیز ارتعاشات و تحلیل روغن را بر عهده دارد. به یاد داشته باشید، این ها فعالیت های PM مبتنی بر شرایط هستند که با حفظ قابلیت اطمینان تجهیزات حیاتی اعتبار دارند. اگر هیچ مسؤولیتی از جانب کسی که این فعالیت ها را انجام می دهد، وجود نداشته باشد، و در صورتی که هیچ مدرکی مبنی بر انجام این فعالیت ها با دورهٔ تناوب مورد نیاز وجود نداشته باشد، شما یک نقص اساسی در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ خود دارید.

[1] index card filing system

اغلب اوقات، فعالیت های کاری توسط سازمان هایی غیر از نگهداری و تعمیرات در یک سیستم CMMS مشترک گنجانده نمی شود و هرگونه از قلم افتادگی مربوط به کاری که انجام شده، یا زمانی که انجام شده و کسی که آن را انجام داده، از تشخیص دور خواهد ماند. این وضعیت خوبی نیست. راه های زیادی برای مدیریت اجرایی این چالش وجود دارد و بهتر است به هر یک از تأسیسات واگذار شود که تعیین کنند چگونه به این نیاز کاملاً ضروری دست پیدا کنند.

فقط تصور کنید باید به مدیریت ارشد توضیح دهید که چگونه یک رویداد بزرگ ناخواسته در کارخانه زمانی رخ داده است که این رویداد توسط خرابی یک تجهیز طبقه بندی شده به عنوان حیاتی، ایجاد شده است. این امر به خصوص زمانی مفتضحانه است که قرار بوده که این تجهیز توسط مجموعه ای از فعالیت های PdM توصیه شده برای خرابی های اولیه پایش شود تا از خرابی نهایی اش جلوگیری شود، اما آن فعالیت ها هرگز انجام نشده اند یا به ندرت به موقع انجام شده اند. با این حال، به دلیل خلأهای اداری و عدم پاسخگویی در فرآیند برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما، هیچ کس این را تشخیص نداده است. نشستن در دفتر معاون مدیر جهت توضیح این رویداد و دلایل آن، مطلوب ترین موقعیت برای حضور نیست.

به طور خلاصه، ممیزی برنامهٔ PM باید به صورت دوره ای انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ تغییر غیرمجازی ایجاد نشده است و تمام فعالیت های PM برنامه ریزی شده، صرف نظر از سازمان مسؤول، به نحو مناسبی انجام شده است.

۸-۲- خلاصه فصل

در زیر خلاصه ای از عناصر برنامهٔ پویا آورده شده است:

- یک برنامهٔ پویا یک برنامهٔ زنده است که به رشد خود، تکامل، تغییر، و تنظیم ادامه می دهد.
- برای داشتن یک برنامهٔ پویا قدری منطق در فرآیند ضروری است؛ در غیر این صورت، با افزایش دوره های تناوب و سپس اجبار به کاهش آنها به علت اینکه آنها را خیلی زیاد افزایش داده اید، شما برنامهٔ PM را به روشی رفت و برگشتی نوسانی خواهید کرد.
- عنصر بازخورد استادکاری اجازه می دهد که نظر متخصص و بهترین قضاوت از طرف صنعتگر یا تکنسین انجام دهندهٔ کار، مناسب بودن خودِ فعالیت را مشخص کند. این امر محدودهٔ کاری فعالیت، دورهٔ تناوب فعالیت، و اینکه آیا توصیه ای برای برخی اصلاحات دیگر یا تنظیمات در فعالیت وجود دارد یا خیر، را شامل می شود.
- پنج دسته بازخورد استادکاری وجود دارد: خوب (۵) ، بالاتر از حد متوسط (۴) ، متوسط (۳) ، زیر متوسط (۲) و ضعیف (۱). بازخورد بر اساس شرایط فعالیت PM است و نه بر اساس شرایط کلی تجهیز.
- هدف اصلی، دستیابی به درجهٔ دستهٔ (۳) است،که متوسط است.

■ هوشمندی به فرآیند تصمیم گیری اضافه شده است تا اثرات دیگری که می توانند بر درجهٔ دسته تأثیر بگذارند ، به حساب آورده شود.

■ ساخت ها و مدل های مشابه تجهیزات مورد استفاده در سیستم های مختلف و در قسمت های مختلف کارخانه و انجام دادن کارکردهای متفاوت، یکسان در نظر گرفته نمی شوند و داده های بازخورد از یکی را نمی توان برای دیگران اعمال کرد.

■ عنصر ارزیابی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ برنامهٔ پویا، فعالیت های نگهداری و تعمیرات اصلاحی را ارزیابی می کند تا برای کشف حالت های خرابی که ممکن است در تحلیل اولیه شناسایی نشده باشند یا برای حالت های خرابی جدیدی که در زمان تحلیل اولیه آشکار نبودند، بررسی و بازبینی انجام پذیرد. این عنصر همچنین سوابق CM را بررسی می کند تا تعیین کند که آیا PM های جدیدی باید انجام شوند یا باید تغییراتی در محدودهٔ PM های موجود اعمال شود.

■ ارزیابی علل ریشه ای در بیشتر صنایع تحت نظارت استفاده می شود، مانند خطوط هوایی و انرژی هسته ای، که در آن یک خرابی تجهیز که منجر به پیامد خرابی قابل توجهی می شود، مستلزم ارزیابی رسمی علت ریشه ای است، نه فقط برای تعیین علت خرابی بلکه همچنین تعیین این که کدام موانع کافی نبودند که اجازه بروز خرابی را داده اند.

■ یک بولتن فروشنده در صورتی صادر می شود که یک نقص طراحی یا نوع دیگری از نقص ساخت به فروشنده گزارش شود و آنها باید بر اساس آن اقدام کنند. یک بولتن فروشنده، باید نسبت توصیه های PM در دفترچهٔ راهنمای معمول فروشنده جدی تر گرفته شود.

■ یک آژانس نظارتی معمولاً بولتنی صادر می کند-گاهی اوقات در قالب یک اطلاعیه خبری- زمانی که چیزی نیاز به توجه فوری دارد.

■ بسیاری از صنایع، داده های خرابی خود را با یکدیگر به اشتراک می گذارند. حتی در یک محیط رقابتی، به اشتراک گذاری داده های مهم خرابی عامل رازداری را نادیده می گیرد. هیچ کس نمی خواهد کارخانه یا تأسیسات دیگری آتش سوزی، انفجار یا جراحت ناشی از عیب شناخته شده ای که می شد با اشتراک گذاری دانش فنی از آن جلوگیری کرد، داشته باشد. بنابراین، داده های خرابی در مورد تجهیزات مشابه مورد استفاده توسط دیگران در همان صنعت، یک عامل برای برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در تأسیسات شما است.

■ در تأسیساتی که کادر مهندسی دارند، بسیار رایج است که برای رویدادهای کارخانه و خرابی های تجهیزات یک ارزیابی مهندسی راه اندازی کنند. هر زمان که این اتفاق می افتد، تغییری از این دست در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تقریباً همیشه تضمین می شود.

■ ممکن است تغییرات و اصلاحات در طراحی کارخانه، از طریق افزودن تجهیزات جدید یا از طریق تغییر در نحوهٔ عملکردها و کارکردهای تجهیزاتِ موجود، بر برنامهٔ PM تأثیر بگذارد.

■ پایش و روندیابی داده های عملکرد کارخانه رادار ناوبری است که توسط آن شما می توانید بگویید که آیا برنامهٔ RCM شما همانطور که مورد نظر است، عمل می کند یا خیر.

■ تمام عناصر ورودی مستقیماً به موتور RCM وارد می شوند. در عنصر تجزیه و تحلیل RCM است که تمام تصمیمات مربوط به تغییرات در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه گرفته می شود.

■ پایگاه دادهٔ تجهیزات باید همیشه جاری بماند. هر شناسهٔ تجهیزی (I.D.) باید بر اساس منطق COFA طبقه بندی شود، در مورد اینه آیا آن تجهیز حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور، اقتصادی یا کارکرد-تا-خرابی است.

■ اکیداً توصیه می شود که یک گروه و یک سرپرست مسؤول باشد و در نهایت پاسخگوی اجرای همه تغییرات در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه باشد.

■ فعالیت های PM توصیه شده برای هر تجهیز، باید خیلی واضح مشخص کند که کدام گروه در مورد یک فعالیت معین مسؤولیت دارد.

■ ممیزی برنامهٔ PM باید به صورت دوره ای انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ تغییر غیرمجازی ایجاد نشده است و این که تمام فعالیت های برنامه ریزی شدهٔ PM، صرفنظر از سازمان مسؤول، به نحومناسبی انجام شده است.

فصل ۹ : استراتژی پایش و روندیابی RCM

فصل ۳ به طور خلاصه توضیح داد که چگونه می توان تشخیص داد که آیا کارخانهٔ شما قابل اطمینان است یا خیر. پس از انجام یک تجزیه و تحلیل جامع RCM و در نظر گرفتن مدت زمان محدودی برای نهادینه شدن برنامه، اگر فقدان بسیار واضحی از هر گونه پیامد جدی خرابی در کارخانهٔ شما وجود داشته باشد و حجم کاری شما در درجهٔ اول برای فعالیت های نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده به جای رویدادهای برنامه ریزی نشده استفاده شود، پس این تا حدودی نشانگر یک برنامهٔ قابلیت اطمینان سالم است.

بیایید به فراتر از بسنده کردن به «تا حدی نشانگر» بروید و به استراتژی ای بپردازید که معیارهای عملکرد کلی را پایش و اندازه گیری می کند تا بتوانید در ارزیابی کمّی قابلیت اطمینان کارخانه تان پیش اقدام باشید. یک فلسفه کلی به شما این امکان را می دهد که به جای پاسخ واکنشی، سریعتر تصمیم بگیرید که در صورت نیاز یک سری اقدامات اصلاحی را انجام دهید.

من به شما نشان خواهم داد که چگونه معیارهای ناوبری ورنیه[۱]را ایجاد کنید، به طوری که تنظیمات نسبتاً کوچک تمام آن چیزی باشد که برای انجام هر گونه اصلاحات مورد نیاز در برنامهٔ قابلیت اطمینان لازم دارید. داده های مورد نیاز برای این معیارها به راحتی می توانند به دست بیایند و اگر شما یک سیستم جامع CMMS یا منابع داخلی IT دارید، این معیارها را می توان کامپیوتری کرد تا هر گونه تلاش که نیاز به کار فشرده[۲] دارد را به حداقل برسانید. محاسبهٔ عملکرد کارخانه و نمودارهای مورد استفاده در اینجا را می توان به راحتی با یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل ساده ایجاد کرد.

۹-۱- قابلیت اطمینان چیست و چطور آن را اندازه گیری می کنید؟

قابلیت اطمینان[۳] یک اصطلاح رایج است، اما چیست؟ چطوری آن را اندازه می گیرید؟ آیا فقط شامل شمارش تعداد تریپ های کارخانه در سال می شود برای تعیین اینکه آیا کارخانهٔ شما قابل اطمینان است یا خیر؟ یا ضریب ظرفیت[۴]کارخانهٔ شماست؟ آیا زمان متوسط بین خرابی (MTBF) برای تجهیزات خاص است؟ همانطور که بعداً در این فصل خواهید دید، این استانداردهای اندازه گیریِ عمومی و نسبتاً ناچیز، که رایج ترین اندازه گیری های مرتبط با قابلیت اطمینان هستند، می توانند فریب دهنده باشند و اگر به تنهایی استفاده شوند، حتی شما را به یک احساس راحتی و امنیت کاذب سوق دهند.

---

[۱] vernier navigational metrics
[۲] efforts labor-intensive
[۳] Reliability
[٤] capacity factor

قابلیت اطمینان توسط نولان و هیپ به عنوان «احتمال اینکه یک آیتم تا یک سن عملیاتی مشخص تحت شرایط عملیاتی مشخص بدون خرابی دوام بیاورد» تعریف شد. این تعریف، یک تعریف صحیح مربوط به قابلیت اطمینانِ یک آیتمِ خاص فقط بر اساس خرابی ها است. اما چگونه قابلیت اطمینانِ کل موجودیت[۱]را اندازه گیری می کنید؟ زمینه سازهای[۲] خرابی چه هستند که باعث این نگرانی می شوند که ممکن است کل کارخانه قابل اطمینان نباشد؟ پرداختن به این نگرانی‌ها به عمق بیشتری نسبت به نگاه کردنِ صرف به قابلیت اطمینان به عنوان احتمال خرابی یک آیتم معین نیاز دارد.

با به کارگیری تعریف نولان از قابلیت اطمینان برای بدن انسان، قابلیت اطمینانِ یک شخص را می توان به عنوان« احتمال اینکه یک فرد تا یک سن مشخص تحت شرایط زندگیِ مشخص زنده بماند» تعریف کرد. این نیز یک جملهٔ صحیح است. اما همانطور که می دانیم، زمینه سازهای ظریف بسیاری برای خرابی وجود دارند که می توانند بر آن پیامد تأثیر بگذارند. مثلاً شخص در چند تصادف ماشین، درگیر و در بیشتر آنها مقصر بوده است؟ این نشان دهندهٔ عادات رانندگی بی احتیاط است و شاید در صورتی که این شاخص در همان سطح ادامه یابد، فرد تا سنین پیری زندگی نکند. فرد چند بار معاینهٔ فیزیکی عقب افتاده دارد؟ این امر یک نشانه از بی تفاوتی نسبت به سلامتی خود است. چند بار فرد به دلیل نقض جدی قانون احضار شده است؟ این موضوع نشانه ای از این است که ممکن است رفتار فرد غیر محتاطانه باشد و اینکه او ممکن است سال‌های زیادی مطابق انتظار برای زندگی نداشته باشد. آیا فرد سیگاری بوده یا الکل زیاد می نوشیده است؟ آیا فعالیت های فرد شامل ورزش های پرخطر مانند چتربازی و بانجی جامپینگ بوده است؟ اینها همه زمینه سازهای معتبری هستند که بینشی را در مورد طول عمر فرد ارائه می دهند. آیا می توانید ببینید که چگونه این مثال ها مشابه با زمینه سازها در تأسیسات شما هستند؟

قابلیت اطمینان چیزی بیش از احتمال این است که یک آیتم منفرد بدون خرابی دوام پیدا کند. به همین ترتیب، چیزی بیش از صرفاً شمارش تعداد ناخالص خرابی ها یا تعداد روزهای از دست رفتهٔ تولید ناشی از برخی از انواع خرابی تجهیزات است. باید به فراتر از تعریف نولان و هیپ رفت و قابلیت اطمینان را بیشتر به عنوان اندازه گیری رویدادها[۳]در نظر بگیرید، که من آن را به عنوان نرخ تجمعی و یکپارچهٔ کل رویدادهای ناخواسته در واحد زمان[۴] تعریف می کنم، که آن رویدادها فقط به خرابی تجهیزات محدود نمی شوند. منظور من این است که قابلیت اطمینان شامل مجموعه ای از رویدادها و اتفاقات ناخواسته است که می توان آنها را به عنوان نرخ ساعات کاری واحد اندازه گیری کرد. قابلیت اطمینان نشان دهندهٔ طیف گسترده‌تری از رویدادها

[۱] entity
[۲] precursors
[۳] measurement of events
[۴] the cumulative and integrated rate of unwanted aggregate events per unit of time

نسبت به فقط خرابی ها است و در نتیجه اندازه گیری های قابلیت اطمینان می‌تواند بینش شهودی‌تری برای تعیین چگونگی عملکرد تأسیسات شما ارائه دهد.

در بسیاری از صنایع، یک مغالطهٔ بزرگ هنگام مقایسهٔ یک واحد عملیاتی با واحد دیگر مطرح می شود. این موضوع زمانی صادق است که مقایسه ها بدون اعمال یک ورودی نرخ عملکرد قابلیت اطمینان نرمالیزه شده به معادله با شمارش سادهٔ تعداد خرابی ها یا تعداد کاهش های توان یا تعداد دفعاتی که یک کارخانه دچار یک تریپ ناخواسته شده است، انجام می شود. این مغالطه، به ویژه هنگامی گمراه کننده است که شما در حال مقایسهٔ، به عنوان مثال، قابلیت اطمینان یک کارخانه با کارخانهٔ دیگر هستید. همهٔ این مقایسه ها باید با استفاده از یک نرخ به ازای تعداد x واحد ساعت کار نرمالیزه شود.

به عنوان مثال، یک کارخانه تعداد معینی رویداد را تجربه می کند در حالی که فقط برای ۵۰ درصد زمان موجود کار کرده است، در مقایسه با تعداد مشابهی رویداد در کارخانهٔ دیگری که برای ۱۰۰ درصد دورهٔ مقایسه عملیاتی بوده است. این به سختی یک استاندارد دقیق یا منصفانه برای مقایسه است. بعداً در این فصل شما را با برخی از نمونه معیارهای عملکرد کل آشنا می کنم که به نظر من برای تعیین اینکه یک تأسیسات چقدر خوب کار می کند، بسیار مفید هستند.

۹-۲- پایش قابلیت اطمینان مانند پایش بدن انسان است

سال‌هاست که که تلاش ناکافی صنعت تولید برق در ارتباط با پایش اثربخشی خود و همچنین شکستش در ایجاد یک معیار دقیق و قوی برای اندازه گیری عملکرد قابلیت اطمینان را مشاهده کرده‌ام. القای هر هوشمندی واقعی در این موضوع یک مبارزه بوده است. اگر تأسیسات شما مانند صنعت برق کار می کند، احتمالاً ابزارهای راهبری شما برای ارزیابی عملکرد کارخانه تا حدودی خام و نسبتاً کلی هستند. متداول ترین فاکتورهای اندازه گیری مرجع معیارهایی مانند تعداد توقفات برنامه ریزی نشده[۱]در سال و میزان ضریب ظرفیت[۲] از دست رفته در سال گذشته است. استفاده از این معیارها اشتباه نیست، آنها فقط به اندازهٔ کافی خوب نیستند.

معیارهایی که من برای پایش سلامت یک تأسیسات استفاده می کنم، با معیارهای پایشِ سلامت بدن انسان مشابه هستند. معیارهای نشان داده شده در شکل ۹-۱ را می توان برای کل تأسیسات شما یا برای هر سیستم جداگانه اعمال کرد. همانطور که در فصل۴ اشاره شد، پایگاه دادهٔ الفبا-عددیِ تجهیزات شما احتمالاً توسط نوعی سیستم نشان گذار[۳]، قابلیت مرتب سازی را خواهد داشت. اگر این قابلیت مرتب سازی را دارید، معیارها را می توان بر اساس یک سیستم اعمال کرد اگر این قابلیت مرتب سازی را ندارید، نیازی به ایجاد آن نیست زیرا معیارها را می توان برای کل تأسیسات اعمال کرد. همانطور که بعداً در این فصل خواهید دید، اعمال

[۱] unplanned shutdowns
[۲] amount of capacity factor
[۳] system designator

معیارها برای کل تأسیسات آسان تر است، اما مزایایی ذاتی برای پایش هر سیستم به طور جداگانه وجود دارد. بار دیگر، انتخاب با شماست.

۹-۳- توجه: از فلج تحلیلی[1]در پایش عملکرد اجتناب کنید

من چندین بار اشاره کرده ام که هر برنامه ای، چه یک برنامهٔ RCM باشد و چه یک برنامهٔ پایش و روندیابی، می تواند بسیار دشوار و پیچیده یا بسیار قوی و ساده ساخته شده باشد. من دومی را ترجیح می دهم. یک مثال مفید می تواند در صنعت برق هسته ای پیدا شود. هر چقدر هم که این صنعت پیچیده به نظر برسد، ابزار راهبری که سال ها برای ردیابی عملکرد خود استفاده می کرد بر اساس دو معیار اصلی بود: (۱) چه تعداد تریپ در کارخانه رخ داد؟ و (۲) ضریب ظرفیت کارخانه چقدر بود؟ چندین معیار دیگر وجود داشت، اما اینها معیارهای اصلی بودند.

معیارهای نظارتی فراگیر (و ناکافی) :

برای تأسیسات :
- تریپ های کارخانه
- ضریب ظرفیت

برای بدن انسان:
- دما
- فشار خون و نبض

یک استراتژی نظارت بر عملکرد دقیق تر شامل معیارهایی مانند زیر است :

برای تأسیسات :
- تریپ های کارخانه
- ضریب ظرفیت
- دما
- فشار خون و نبض

به علاوه
- اقدامات برنامه ریزی نشده اپراتور
- کاهش توان برنامه ریزی نشده
- تأخیر در تولید
- اقدامات اجرایی
- وقوع دعوا
- احضاریه ها و تخلفات
- ارزیابی علل ریشه ای
- جراحات
- CMهای نوشته شده
- CM های عقب افتاده
- PM های عقب افتاده
- سایر

به علاوه
- قلب
- EKG قلب
- ریه ها
- کلیه ها
- شریان ها
- تیروئید
- کبد
- طحال
- شیمی خون
- بینایی
- شنوایی
- سایر

شکل ۹-۱-پایش سلامت یک تأسیسات مشابه پایش بدن انسان است.

هنگامی که برخی از نیروگاه های هسته ای تصمیم گرفتند که به معیارهای بیشتری نیاز دارند، آن‌ها کاری را انجام دادند که بیشتر تأسیساتی انجام می‌دادند که انبوهی از پرسنل مهندسی دردسترس داشتند. ساده به پیچیده تبدیل شد و برنامهٔ پایش در نوع خود به یک امپراتوری تبدیل شد. آنچه که یک معیارِ یک صفحه ای

[1] Analysis Paralysis

بود به یک «کتاب» معیار متشکل از چند صد صفحه تبدیل شد، که در بیشتر موارد غیر قابل استفاده و غیر عملی بود. معیارها شامل تعداد بیشماری از عقاید، نگرش ها و باورهای ذهنی همراه با بهانه هایی گسترده برای توجیه عملکرد ضعیف بود.

معیارهای عملکرد در نظر گرفته شده اند که به مدیریت ارشد یک تصویر کلی از عملکرد قابلیت اطمینان دارایی آنها ارائه دهند. معاونان دو هفته فرصت ندارند تا یک «کتاب» پر شده از نظرات را برای یافتن آن پاسخ بخوانند. معیارها باید ساده، جامع و عینی باشند و باید یک تصویر کلی از قابلیت اطمینان ارائه دهند.

۹-۴- معیارهای کلی

فکر کنید که معاینهٔ پزشکی شما چقدر جامع بود اگر تنها پایشی که انجام می شد ثبت دمای بدن، فشار خون و نبض شما بود که به سختی می تواند یک معاینهٔ فیزیکی کامل برای تعیین سطح سلامتی شما و عملکرد بدن شما باشد. پس ریتم قلب شما، عملکرد کلیه، ظرفیت ریه، شیمی خون، چگالی استخوان و غیره چه؟ هرچند بعید به نظر می رسد، میزان پایشی که بسیاری از صنایع برای تعیین سلامت و قابلیت اطمینان تأسیسات خود استفاده می کنند، مشابه پایش محدود شما ازسلامت فیزیکی شما است که فقط شامل دمای بدن، فشار خون و نبض می شود. این امر در محیط پیچیدهٔ امروز برای ارزیابی مؤثر عملکرد و قابلیت اطمینان یک تأسیسات بسیار ساده[۱]است.

معیارهایی که من برای ایجاد استراتژی پایش و روندیابی استفاده کرده ام، شامل تمام رویدادهای ممکن و داده های عملکرد است که می تواند بر قابلیت اطمینان کارخانه تأثیر بگذارد. تریپ های برنامه ریزی نشده و ضرایب ظرفیت در معیارها گنجانده شده اند، اما این ها تنها ملاحظات نیستند. رویدادهایی که من به آنها اشاره می کنم، آنهایی هستند که ناشی از مشکلات تجهیزات یا برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ ناکافی هستند، آنها رویدادهای ناشی از آب و هوا، یک عمل خدا یا دخالت انسان نیستند. من سعی کرده ام که همه متغیرهای احتمالی را که می تواند رخ دهد، بسته به اهمیت نسبی رویداد یا رخداد با یک ضریب وزنی ثبت شده برای هر یک ادغام کنم.

استراتژی پایش و روندیابی برای درک و برای استفاده ساده است و نتایج را می توان به طور خودکار محاسبه و حتی در یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل رسم کرد. ضروری است که نرخ عملکرد نهایی کارخانه تا حد امکان عینی باشد. تا زمانی که ضریب وزنی[۲] برای هر نوع رویداد ثابت بماند، میانگین متحرک[۳] شش ماههٔ محاسبه شده برای نرخ عملکرد کل کارخانهٔ شما، درجهٔ ثبات و عینیت خود را حفظ خواهد کرد به گونه ای که به یک

[۱] Spartan
[۲] weighting factor
[۳] moving average

روندیابی واقعی مقایسهٔ نرخ عملکرد سیستم و یا کارخانهٔ از یک بازهٔ زمانی به بعد تبدیل می شود، چه هفته به هفته، ماه به ماه یا سال به سال.

علاوه بر این، قابلیت اطمینان باید در واحد زمان اندازه گیری شود. برای مثال مناسب تر است که به عنوان یک نرخ در هر ۱۰۰۰ واحد ساعت عملیاتی اندازه گیری شود. بنابراین، معیارهای کلی که من تدوین کرده ام، برای یک نرخ زمان معین محاسبه می شوند. من معتقد نیستم که عملکرد باید بر اساس یک عدد ناخالص ثابت از رویدادها باشد. بنابراین قابلیت اطمینان می تواند با عبارت های کمی اندازه گیری شود، به جای اینکه مبتنی بر نظرات یا تفاسیر سست و پیش‌بینی‌های کسانی که مسؤول مونتاژ و مدیریت برنامهٔ پایش باشد. اگر عینیت در استراتژی پایش و روند یابی وجود نداشته باشد، دستکاری و تحریف نتایج بسیار آسان می شود.

بیایید به هر یک از معیارها نگاهی بیندازیم .

۹-۴-۱- تریپ های برنامه ریزی نشدهٔ کارخانه یا تأسیسات[۱]

تریپ های برنامه ریزی نشده یک معیار با یک ضریب وزنی نسبتاً بالا هستند. این اتفاقی است که نباید به طور منظم رخ دهد. این امر منجر به از دست دادن کامل تولید، قابلیت تولید، یا هدف مأموریت می شود و در بسیاری از موارد باعث راه اندازی سیستم های اضطراری می شود. در یک کارخانهٔ خودروسازی، خط مونتاژ چند بار خاموش شده است؟ چند بار یک کشتی کروز نیاز به اسکورت یدک کش برای بازگشت به بندر داشته است؟ چند بار یک واحد تولید برق خاموش شده است؟ چند بار پرتاب ماهواره بی نتیجه مانده است؟ چند بار پرواز ها لغو شده اند؟ این ها همه به عنوان تریپ تأسیسات درنظر گرفته می شوند.

تعداد بیش از حد این رویدادها در سال نشانه ای از این است که تأسیسات شما تا حد امکان قابل اطمینان عمل نمی کند و ممکن است بهبود در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما یا احتمالاً برخی تغییرات طراحی مورد نیاز باشد، اگر که برنامهٔ PM به تنهایی قادر به حذف این اتفاقات نیست.

۹-۴-۲- ضریب ظرفیت[۲]

کارخانهٔ شما چقدر کمتر از ۱۰۰ درصد زمان در دسترس را بدون احتساب زمان توقف برنامه ریزی شده و سایر توقفات برنامه ریزی شده کار می کند؟ بدیهی است که تریپ های کارخانه، کاهش توان و تأخیرهای تولید تابعی از این معیار هستند. این یک معیار قابل قبول است، اما اغلب اوقات به صورت مجزا استفاده می شود و زمانی که به تنهایی استفاده می شود، نشانه ای واقع بینانه از عملکرد کلی کارخانه ارائه نمی دهد. بعداً در این فصل خواهید دید که چگونه این معیار به تنهایی می تواند کاملاً گمراه کننده باشد.

[۱] Unplanned plant or facility trips

[۲] capacity factor

۹-۴-۳- اقدامات برنامه ریزی نشدهٔ اپراتور[۱]

این معیار نشان دهندهٔ تعداد دفعاتی است که اپراتورهای کارخانه نیاز به انجام اقدامی برنامه ریزی نشده داشته اند تا از یک اتفاق ناخواسته یا سایر اقدامات جبرانی در نتیجهٔ خرابی تجهیز یا برخی نقص های دیگر وضعیت کارخانه اجتناب کنند. در بسیاری از صنایع ، یک دفترچهٔ گزارش[۲] برای ثبت این رویدادهای برنامه ریزی نشده اپراتوری نگهداری می شود.

این معیار، یک معیار ظریف است که اغلب نادیده گرفته می شود، اما می تواند برای آشکار کردن زمینه سازهای پیامدهای ناخواستهٔ کارخانه و مشکلات اساسی تجهیزات بسیار روشنگر باشد. به عنوان مثال، آیا هر روز چالش های بی شماری پیش روی اپراتورهای کارخانه قرار می گیرد، جایی که آنها به طور مداوم در تلاش برای جلوگیری از برخی رویدادهای ناخواستهٔ بزرگ هستند یا اینکه این تأسیسات به صورت روزانه نسبتاً روان کار می کند؟

به طور معمول تحولات اپراتوری[۳] به عنوان لایه ای از عملیات معمول کارخانه مورد انتظار خواهد بود، و آن رویدادها در این معیار در نظر گرفته نمی شوند. فقط آن اتفاقات غیر منتظره ای که به نوعی از اقدام اپراتور نیاز دارد که کاملاً خارج از روال عادی است، بخشی از این معیار است.

چنین اتفاقی ممکن است به یک اقدام فوری توسط بخشی از اپراتورها برای جلوگیری از عواقب جدی کارخانه نیاز داشته باشد، یا ممکن است یک راه حل فی البداهه و موقتی[۴] اپراتوری باشند. راه حل های موقتی اپراتوری عمل عادی تلقی نمی شوند و به یک حواس پرتی و انحراف از وظایف عادی اپراتور تبدیل می شوند. به عنوان مثال، یک راه حل موقتی می تواند شامل عملیات دستی یک تجهیز باشد یا سیستمی باشد که معمولاً به صورت خودکار کار می کند. اجبار دائمی به ایجاد پارامترهای عملیاتی جایگزین یا سایر اقدامات برای جبران کمبودهای کارخانه می تواند تأثیر منفی بر روی زمان واکنش در هنگام وقوع یک وضعیت اضطراری واقعی بگذارد. این موضوع یک نشانهٔ مهم است که یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیاز به توجه بیشتری دارد.

۹-۴-۴- کاهش های برنامه ریزی نشده توان[۵]

چند بار تا به حال تأسیسات شما برای دسترسی و مجوز برای تعمیر یا جایگزینی یک تجهیز خراب مجبور به کاهش توان شده است؟ بر روی بسیاری از تجهیزات نمی توان تحت شرایط توان کامل کار کرد. نکته دیگر این

[۱] Unplanned operator actions
[۲] logbook
[۳] operator evolutions
[۴] work-around
[۵] Unplanned power reductions

است که چند بار تجهیزی از کار افتاده است که نیاز به کاهش توان فوری کارخانه داشته تا از تریپ خوردن آفلاین جلوگیری کند. بدیهی است که یک کارخانه که دائماً به دلایل برنامه ریزی نشده مجبور به کاهش توان می شود، در سطح بهینهٔ قابلیت اطمینان خود کار نمی کند. کاهش توان می تواند برای دقیقه ها، ساعت ها یا حتی روزها و هفته ها ادامه داشته باشد. آستانهٔ مدت زمان برای گنجاندن این معیار به معیارهای قابلیت اطمینان دارایی و شرایط کیفی زمانی که شما انتخاب کردید، بستگی دارد. الگویی از کاهش های برنامه ریزی نشدهٔ توان، به هر دلیلی، که بیش از چند ساعت به ازای هر اتفاق باشد، نشانه ای از قابلیت اطمینان یک کارخانه نیست.

۹-۴-۵- تأخیرها در تولید[۱]

آیا تأسیسات شما دائماً تأخیرهای مزاحمِ تولید حتی برای مدت زمان های کوتاه را تجربه می کند؟ اینها می توانند هر یک از انواع مختلفی از تأخیرها باشند، مانند تأخیر در خط مونتاژ، تأخیر در خروج، تأخیر در راه اندازی یا تأخیر در تولید. اگرچه هر یک از اینها ممکن است مدت زمان کوتاهی داشته باشند، اما چیزی وجود دارد که حاکی از فراوانی آنهاست. تعداد بیش از حد این تأخیرها نشان دهندهٔ نقصی در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است.

۹-۴-۶- اقدامات اجباری[۲]

اگر کارخانهٔ شما در معرض اقدامات اجباری ناشی از مسائل عملکردی کارخانه است، بدون توجه به دلایل آنها و صرف نظر از اینکه چقدر باور دارید که کارخانهٔ شما خوب کار می کند، باید آنها را زنگ بیداری در نظر بگیرید که به شما می گوید همه چیز در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما خوب نیست. اقدامات اجباری ممکن است در نتیجهٔ انباشته شدن تخلفات جزئی رخ دهد، که وقتی در مجموع به آنها نگاه شود، به ناظران نشان می دهد که چیزی اشتباه است. در صنایع تحت نظارت، اقدامات اجباری یک اتفاق کاملاً نامطلوب است زیرا آنها می توانند خشم ناظران را نسبت به شما برانگیزانند و باعث شوند که بیش از آنچه که شما عادت دارید، تحت نظارت و بررسی قرار بگیرید.

ناظران دائماً هوشمندتر می شوند. تأسیساتِ در معرض نظارت، مشمولِ بازرسی های دوره ای منظم می شوند و زمانی که ناظران به جریان پنهان مشکلات پی می برند، اقدامات اجباری بسیار رایج هستند. اگر چه ممکن است یک مدیریت کمتر خلاق سعی کند با این استدلال که همه چیز خوب است زیرا کارخانه با ۹۹ درصد ظرفیت کار می کند، همه چیز را خوب جلوه دهد، دیر یا زود آن مشکلات اساسی نه تنها منجر به کاهش ضریب ظرفیت شما می شود بلکه پتانسیل واقعی برای رخ دادن یک رویداد ناخواستهٔ بزرگ را ایجاد می کند.

[۱] Production delays

[۲] Enforcement actions

معمولاً اقدامات اجباری نتیجهٔ یک سری رویدادهای کوچک است که واقعاً زمینه ساز رویدادهای ناخواسته بزرگتر هستند. حتی اگر ضریب ظرفیت کارخانهٔ شما زیاد باشد و شما هیچ گونه تریپی در کارخانه نداشته باشید (به یاد داشته باشید، این شبیه به توجه صرف به فشار خون و ضربان نبض شماست)، این امر تأسیسات شما را در برابر اقدامات اجباری واکسینه نمی کند. این، معیارِ ظریف دیگری است که اگر حس شود که کارخانه با حداکثر خروجی کار می کند، معمولاً کنار گذاشته می شود.

۹-۴-۷- وقوع دعاوی قضایی[۱]

این رویدادها، نامطلوب ترین رویدادها هستند و برای صنایع تحت نظارت، با اقدامات اجباری همراه هستند. این رویدادها، دعاوی قضایی ناشی از خرابی تجهیزات هستند، نه به عنوان مثال دعاوی قضایی ناشی از نقض حق ثبت اختراع یا هر دعوای دیگری خارج از مرز ایجاد شده توسط برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه.

در فصل ۱ اشاره کردم که یک پارک موضوعیِ معروف، به علت دعوای قضائی ناشی از صدمات ایجاد شده به وسیلهٔ نقص مکانیکی در سرخط روزنامه های بزرگ بود. ممکن است خود نقص توسط شرکت پارک موضوعی[۲] ناچیز شمرده شده و به عنوان یک نقص مکانیکیِ جدی کم اهمیت جلوه داده شده است، اما نتیجه در صفحهٔ اول روزنامه ها بود . هرگونه «قطع انگشتان» در آینده در آن پارک موضوعی ناشی از خرابی مکانیکی، احتمالاً حداقل سرخط روزنامه های محلی را خواهد ساخت. این زمینه ساز دیگری است که فرصتی آشکار برای قرار دادن تأکید بیشتر بر برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ارائه می دهد.

۹-۴-۸-احضاریه ها و تخلفات[۳]

احضاریه ها و تخلفات، معیار ظریف دیگری را تشکیل می دهند که اغلب به‌عنوان یک پیام آور مبنی بر اینکه چیزی اشتباه است، تشخیص داده نمی‌شوند. شما مجبور نیستید انبوهی از خرابی تجهیزات را برای جمع آوری تعدادی احضاریه و تخلف تجربه کنید. همانند اقدامات اجباری، اگرچه ممکن است ضریب ظرفیت شما بالا باشد و ممکن است شما هیچ تریپی در کارخانه نداشته باشید، اینطور نیست که تأسیسات خود را در برابر احضاریه ها و تخلفات ایمن کنید. احضاریه ها و تخلفات ممکن است در نتیجه انباشتگی تخلفات کوچک و بی‌اهمیت که به صورت جداگانه به آن نگاه می‌شود، رخ بدهند، اما وقتی به طور کامل به آنها نگاه می شود، تصویری بسیار واضح از نقائص موجود در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شما نشان می دهد.

وجود احضاریه ها، تخلفات و اقدامات اجباری می تواند نشانگر این باشد که مدیریت شما نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را به اندازه کافی جدی نگرفته است. همانطور که در فصل ۳ ذکر شد، برای مدیریت غیر عادی نیست

[۱] Litigation occurrences
[۲] theme park corporation
[۳] Citations and violations

که انباشتی از رویدادهای کوچک را به عنوان حوادث منفرد مجزا به صورت منظم بسته بندی یا لاپوشانی کند به جای اینکه آنها را به صورت تجمعی به عنوان امکان وجود کمبود بسیار گسترده تری در قابلیت اطمینان کارخانهٔ شما مورد ملاحظه قرار دهد.

۹-۴-۹- ارزیابی های علل ریشه ای[۱]

ارزیابی‌های علل ریشه‌ای معمولاً برای رویدادهای کارخانه ایِ مهم‌تر در نظر گرفته می‌شوند. هر زمان که شما دریافتید که ارزیابی های علل ریشه ای در کارخانهٔ شما رایج تر می شوند، زمان آن فرا رسیده است که نگاهی دقیق به شیوه های نگهداری و تعمیرات خود بیندازید. یک کارخانهٔ قابل اطمینان، نباید تعداد زیادی از این ارزیابی ها را روی هم انباشته کند، زیرا این امر نشانگر مشکلات اساسی در برنامهٔ نگهداری و تعمیرات شما است. یک بار دیگر، غیر معمول نیست- و در واقع کاملاً رایج است- که ضریب ظرفیت کارخانه بالا باشد و تعداد تریپ های کارخانه صفر باشد، اما با این وجود زمینه سازهای معیار، عملکرد ضعیف کارخانه را آشکار کنند.

۹-۴-۱۰- صدمات[۲]

این معیار، یک نشانگر بسیار خوب است که نشان می دهد یک تأسیسات یا خوب کار می کند یا خیلی خوب کار نمی کند. صدمات ممکن است برای کارکنان رخ دهند یا در مورد تأسیساتی که برای عموم فراهم شده اند مانند پارک های موضوعی، کشتی های کروز و خطوط هوایی برای اعضای جامعه، اتفاق بیفتند. به عنوان یک اولویت اصلی، از هر نوع آسیبی به پرسنل باید اجتناب شود. این یک واقعیت پذیرفته شده است که برخی از صدمات ناشی از رفتار غیر مسئولانه بخشی از کارمندان یا مردم است. مثلاً، زمانی که یک کارمند روی بالاترین پله نردبان می ایستد، در حالی که می داند که نباید بایستد؛ بنابراین، سقوط متعاقب آن به دلیل بی احتیاطی کارمند خواهد بود. به طور مشابه، اگر عضوی از جامعه تلاش کند که برخی از شیرین کاری های آکروباتیک غیرمجاز را در حین حرکت سواری در یک پارک موضوعی انجام دهد و در این فرآیند مجروح شود، این آسیب نیز نتیجهٔ بی احتیاطی شخصی خواهد بود.

آسیب هایی که نشانگر یک برنامهٔ قابلیت اطمینان ضعیف هستند، زمانی اتفاق می‌افتند که کارمند تمام رویه‌های مناسب را دنبال می‌کند و باز هم متحمل جراحت می شود. بروز هرگونه آسیب، حتی اگر جدی تلقی نشود، نشانه ای از پتانسیل برای عواقب آسیب جدی تر است. هر آسیبی که نتیجهٔ بی احتیاطی شخصی نباشد، باید جدی گرفته شود.

[۱] Root-cause evaluations
[۲] Injuries

حتی اگر بی احتیاطی علت آسیب مورد نظر باشد، شما باید این موارد را در نظر بگیرد: آیا این کارخانه هر اقدامی را انجام داده بود تا اطمینان حاصل کند که هشدارهای مناسب برای هشدار دادن به کارکنان و یا عموم مردم برای چنین خطراتی وجود دارد و اقداماتی برای محافظت آنها اتخاذ شده است؟ آیا این هشدارها در اماکن عمومی نصب شده بود؟ آیا برنامه های آموزشی کارکنان برای رسیدگی به این وضعیت کافی است؟

۹-۴-۱۱- میزان CM های نوشته شده

تعداد معینی از CM در هر روز یک انتظار معمولی است. تعریف این معیار دشوار است. من آن را اضافه می کنم زیرا این کار بینشی را در مورد نرخی که CM ها در آن نوشته شده اند، ارائه می دهد- اگرچه CM ها لزوماً یک ویژگی منفی نیستند.

در واقع، بسیاری از کارخانجات در نظر دارند که وقتی نقصی توسط یک فعالیت پیش بینانه پیدا شد، آن نقص سپس به یک CM تبدیل می شود. این یک اقدام قابل قبول است.

معمولاً CM ها با توجه به اهمیتشان اولویت بندی می شوند. به عنوان مثال، CM های اولویت ۱ معمولاً شامل نقص هایی هستند که باید فوراً اصلاح شوند، مانند نشت بخار، نشت روغن یا خطرات پرسنل.

CM های اولویت ۲ معمولاً یک هفته نیاز به توجه دارند. CM های اولویت ۳ معمولاً شامل نگهداری و تعمیرات اصلاحی می شوند که می تواند تا بازگشت چرخهٔ برنامه ریزی ۱۲ هفته ای صبر کند تا برای اجرا زمان بندی شود. ضرائب وزنی برای هر اولویت از CM قدری متفاوت است.

۹-۴-۱۲-انباشته شدن CM های عقب افتاده[1]

اگرچه تعداد CM های نوشته شده لزوماً یک ویژگی منفی نیست، ناتوانی در مدیریت آنها پس از ایجاد، قطعاً یک ویژگی منفی است. ناتوانی در مدیریت CM ها، هنگام بررسی CM های عقب افتاده آشکار می شود. CM هایی که شروع به جمع شدن می کنند، بدون اینکه برنامه ریزی شوند و هنگامی که زمان بندی شدند، اجرا نمی شوند، یک معیار عالی برای قضاوت در مورد میزان توانمندی منابع کارخانهٔ شما برای رسیدگی به کارها است. اگر فعالیت نگهداری و تعمیرات اصلاحی پس از برنامه ریزی نمی تواند انجام شود، دیر یا زود برخی رویدادهای ناخواسته در کارخانه اتفاق می افتد. همانطورکه ما در فصل ۳ آموختیم، نگهداری و تعمیرات اصلاحی یک بخش جدایی ناپذیر از تصویر بزرگتر نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است و رسیدگی به CM ها در نهایت به اندازهٔ رسیدگی به PM ها مهم می شوند.

افزایش روزافزون CM های معوقه باید یک علامت هشدار از خطر قریب الوقوع باشد. اگر کارخانهٔ شما نمی تواند بار کاری CM در حال تولید را تحمل کند، بازی شتر مرغ یک گزینه نیست. شما نیاز خواهید شد که

[1] Overdue CM backlog

مطمئن شوید آیا سازمان شما در توانایی اش برای برنامه ریزی و انجام کارهای به طور منظم ایجاد شده ناکارآمد است یا اینکه نیروی کار شما دچار کمبود است و نمی تواند از پس کار بر بیاید. تجربهٔ من نشان می دهد که اغلب اولی است نه جای دومی.

۹-۴-۱۳- انباشته شدن PM عقب افتاده[۱]

این معیار، یک معیار بسیار مهم است. یک کارخانهٔ کارآمد، اگر وجود داشته باشد، PM های معوقه بسیار کمی خواهد داشت. یک کارخانه که مشکل دارد، انبوهی از PM های عقب افتاده خواهد داشت. نیاز به بینش زیاد برای درک خطری که تأسیسات شما در معرض آن قرار خواهد گرفت، وجود ندارد، اگرکه سازمان شما نمی تواند با نیاز به تکمیل PM هایی که عقب می افتند، کنار بیاید.

اگر کارخانهٔ شما نمی تواند بار کاری PM را تحمل کند، یا سازمان شما ناکارآمد است یا با کمبود کارکنان مواجه است. مانند قبل، اغلب اولی است نه دومی که باعث انباشت PM عقب افتاده می شود.

در برخی از صنایع تحت نظارت، تعداد PM های عقب افتاده دلیل کافی برای دریافت احضاریه یا اخطار تخلف از طرف ناظران است. این معیار می تواند قضاوتی توسط یک مدیریت کوته بین باشد که تمایل به این استدلال دارد که مادامی که کارخانه با ظرفیت کامل یا نزدیک به کامل کار می کند، همه چیز خوب است. مانند حجم فزاینده ای از CM های عقب افتاده، هر گونه انباشت PM های عقب افتاده نیز باید یک علامت هشدار باشد که خطر در پیش است. در برخی از صنایع، مهلتی برای PM ها وجود دارد که به طور معمول اجازهٔ افزایش تا حد ۲۵ درصد دورهٔ PM را برای انجام فعالیت می دهد. برای مثال، اگر دورهٔ تناوب یک بار در هر سال باشد، افزایش مجاز ۲۵ درصدی سه ماه خواهد بود. بنابراین، PM معوقه تلقی نمی شود مگر این که به مدت یک سال بعلاوه سه ماه عقب افتاده باشد.

مهلت ۲۵ درصدی یک افزایش چارچوب زمانی مجاز و قابل قبول برای رفع مشکلات زمان بندی برنامه ریزی نشده است.کارخانجات خوب از این افزایش مجاز به مقدار کم استفاده می کنند، همانطور که مورد نظر بود. سایر کارخانجات به طور خودکار از ۲۵ درصد افزایش مجاز به عنوان بخشی از فرآیند برنامه ریزی عادی استفاده می کنند و سپس متوجه می شوند که PM های معوقه ای دارند برای رسیدگی دارند. بسته به صنعت شما، ممکن است با مفهوم دورهٔ مهلت[۲] آشنا باشید یا نه. اگر آشنا نیستید، مهم نیست، زیرا تاکنون برنامه ریزی کار خود را با توجه به دوره های تناوب مشخص شده زمان بندی می کردید.

اگر صنعت شما از یک دورهٔ مهلت برای PM ها استفاده می کند، توجه داشته باشید که معیاری که من برای PM ها استفاده می کنم، برای هر PM ای که مطابق با دورهٔ تناوب واقعی خود عقب افتاده است، اعمال می

[۱] **Overdue PM backlog**

[۲] grace period

شود. این معیاری برای PM های معوقه ای که ۲۵ درصد فراتر از نقطهٔ سررسید هستند، نیست. من عمداً آن را به این روش تعریف کردم تا از هرگونه دستکاری گستاخانهٔ مورد نظر جهت جلوگیری از اجبار به انجام یک PM در تاریخ مقرر پرهیز شود.

۹-۵- ضرائب وزنی[۱]

در حال حاضر شما باید درک خوبی داشته باشید از چرایی اینکه معیارهای کلی که من در اینجا ارائه کرده ام، زمانی بسیار روشنگرتر هستند که شما در حال تعیین سلامت تأسیسات خود به جای صرفاً شمارش تعداد تریپ های کارخانه و ضریب ظرفیت هستید. این معیارها به تنهایی تصویر کاملی ارائه نمی دهند. ضرائب وزنی برای معیارها، باید توسط اجماع نمایندگان مهندسی، نگهداری و تعمیرات و عملیات توسعه داده شوند و باید اهمیت نسبی هر رویداد را منعکس کنند.

برخی از معیارهای رویداد، تعداد معینی از رخدادهای مورد انتظار را مشخص می‌کنند، مانند تعداد CM های نوشته شده یا تعداد CM های عقب افتاده. بنابراین، نمایندگان سازمان همچنین باید تعداد مورد انتظار وقوع رویداد در هر ماه، هر سه ماهه یا در سال را مشخص کنند. این امر، انتظارات مدیریت را برای مقایسهٔ عملکرد از یک بازهٔ زمانی به بازهٔ بعدی برقرار می کند. بدیهی است که تعداد رخدادهای مورد انتظار برای برخی رویدادها باید صفر باشد- مانند تعداد تریپ های کارخانه، احضاریه ها و تخلفات، یا صدمات. من به شدت توصیه می کنم که ضرائب وزنی و انتظارات عملکردی در سندی که توسط مدیران سه سازمان امضا شده است، رسمیت پیدا کند.

ضرائب وزنی از این جهت دلخواه هستند که آنها فقط برای مقایسهٔ اهمیت نسبی به کار می روند. ضرائب وزنی شما باید چیزی باشد که شما و مدیریتتان آن را محتاطانه می‌دانید. برای چند نمونهٔ نوعی از ضرائب وزنی و تعداد مورد انتظار وقوع به شکل ۹-۲ رجوع شود.

۹-۶- محاسبات عملکرد[۲]

محاسبات عملکرد بر اساس نرخ زمان است. به عنوان مثال در شکل ۹-۲ ، تعداد مورد انتظار از وقوع و تعداد واقعی وقوع در هر سه ماهه برای کل کارخانه هستند- اگرچه می تواند در هفته، ماه، سال یا هر چه شما انتخاب کنید، باشد. شما همچنین می توانید آن را براساس سیستم تنظیم کنید. معیارهای شکل ۹-۲ به ازای هر رخداد است. به عنوان مثال ضریب وزنی ۲ برای یک تریپ کارخانه در تعداد وقوع در هر سه ماهه ضرب می شود.

[۱] Weighting Factors
[۲] Performance Calculations

همانطور که اشاره شد، برخی از معیارها تعداد مورد انتظار وقوع در هر سه ماهه را نشان می دهند، همانطور که در شکل ۹-۲ نشان داده شده است. هر CM با اولویت ۱ که بین یک تا سه ماه عقب افتاده باشد، دارای یک ضریب وزنی ۰/۰۱ در هر CMاست. ضرائب وزنی می توانند هر چه می‌خواهید باشند تا زمانی که اهمیت نسبی هر معیار را نشان دهند. همانطور که می توانید ببینید، یک اقدام اجباری نسبت به یک تریپ کارخانه یا یک احضاریه یا تخلف وزن بیشتری دارد. یک تریپ کارخانه یا احضاریه یا تخلف نسبت به کاهش قدرت، وزن بیشتری دارد. انباشت CM عقب افتاده، سنگین تر از نرخ CM نوشته شده وزن شده است.

پایش عملکرد و محاسبات روند یابی می تواند برای کل کارخانه یا برای هر سیستم جداگانه اعمال شود. استفاده از مبنای سیستم جداگانه نگاه متنوع تری به تصویر قابلیت اطمینان ارائه می دهد و آن را به سطح پایین تری تقسیم می کند. اگر شما توانایی شناسایی تجهیزات جداگانه را دارید که می توانند هر یک از معیارها را توسط سیستم فعال کنند، سپس قادر خواهید بود یک تصویر فوری دقیق تر از عملکرد بگیرید. اگر این قابلیت وجود ندارد، پایش عملکرد شما می تواند در سطح کارخانه باقی بماند تا یک تصویر کلی از عملکرد ارائه دهد.

شاخص	ضریب وزنی	تعداد مورد انتظار وقوع در یک فصل	تعداد واقعی وقوع در یک فصل
انباشت CM عقب افتاده			
اولویت ۱ :			
■ ۱-۳ ماه عقب افتاده	۰/۰۱۰	۱۵	۲۵
■ ۳-۶ ماه عقب افتاده	۰/۰۱۵	۱۰	۱۵
■ بیش از ۶ ماه عقب افتاده	۰/۰۲۰	۵	۱۵
کمتر از اولویت ۱ :			
■ ۱-۳ ماه عقب افتاده	۰/۰۰۵	۲۵	۳۵
■ ۳-۶ ماه عقب افتاده	۰/۰۰۷	۲۰	۲۵
■ بیش از ۶ ماه عقب افتاده	۰/۰۱۰	۱۰	۱۰
انباشتPM عقب افتاده:			
■ ۲۵-۵۰٪ عقب افتاده	۰/۲۵	۲	۵
■ ۵۱-۱۰۰٪ عقب افتاده	۰/۵۰	۱	۲
■ بیش از ۱۰۰٪ عقب افتاده	۰/۷۵	۰	۰
سایر موارد ، بسته به نوع صنعت یا تأسیسات			

شکل ۹-۲-پایش و روندیابی عملکرد

شاخص	ضریب وزنی	تعداد مورد انتظار وقوع در یک فصل	تعداد واقعی وقوع در یک فصل
تریپ کارخانه	۲/۰۰	۰	۱
ضریب ظرفیت			
■ برای هر ۱٪ زیر ۱۰۰٪	۰/۵	۱/۵	۲/۰
اقدامات برنامه ریزی نشده اپراتور	۰/۵	۱	۲
کاهش برنامه ریزی نشده توان			
■ کاهش توان بیش از ۲۵٪	۰/۷۵	۱	۱
■ بیش از ۱۵٪ ، کمتر از ۲۵٪	۰/۵	۱	۲
■ کمتر از ۱۵٪	۰/۲۵	۲	۲
تأخیر در تولید	۰/۱۵	۲	٤
اقدامات اجرایی	۲/۵	۰	۰
وقوع دعوا	۱/۵	۰	۰
احضاریه یا تخلف	۲	۰	۱
صدمه (جدی)	۲	۰	۱
CM های نوشته شده			
■ اولویت ۱	۰/۰۰۱۵	۱۵۰	۳۰۰
■ اولویت کمتر از ۱	۰/۰۰۱۰	۲۵۰	۲۰۰

شکل ۹-۲- پایش و روندیابی عملکرد (ادامه)

اگر کارخانهٔ شما به دلیل توقف برنامه ریزی شده یا حتی توقف برنامه ریزی نشده کار نمی کند، آن ساعات در نظرگرفته نمی شود. دلیل این امر این است که اگر به عنوان مثال فقط یک فعالیت اپراتوری برنامه ریزی نشده در سه ماه داشته اید و کارخانهٔ شما برای دو ماه از سه ماه کار نکرده است، نرخ عملکرد مؤثر آن یک رخداد با حالتی که کارخانه برای کل سه ماه کار کرده بود، یکسان نخواهد بود. با نگاهی به این موضوع به روشی دیگر، می توان گفت که این کارخانه تنها یک رخداد در کل سه ماهه داشته است، حتی اگر فقط برای چهار هفته از کل سه ماهه کار کرده باشد. محاسباتی که عنصر زمان را در نظر نمی گیرند، می تواند منجر به استاندارد اندازه گیری نادرستی شود.

محاسبات نرخ عملکرد در شکل ۹-۳ نشان داده شده است.

یک نرخ عملکرد مورد انتظار[۱] **(EPR)** و یک نرخ عملکرد واقعی[۲] **(APR)** وجود دارد.

نرخ عملکرد مورد انتظار، نرخ به ازای هر ۱۰۰۰ ساعت کارِ کارخانه بر اساس ۲۴ ساعت × ۹۰ روز =۲۱۶۰ ساعت در سه ماهه است. نرخ عملکرد مورد انتظار، جمع کل تعداد وقوع مورد انتظار ضربدر ضرائب وزنی مربوط به آنها ضربدر ۱۰۰۰ و تقسیم بر ۲۱۶۰ خواهد بود. همانطور که در شکل ۹-۳ نشان داده شده است، جمع کل معیارهای EPR ضربدر ضرائب وزنی مربوطه ۵/۵۴ است. بنابراین، نرخ عملکرد مورد انتظار برابر است با:

۵۷/۲=۲۱٦۰÷ ۱۰۰۰ × ٥٤/٥.

[۱] Expected Performance Rate

[۲] Actual Performance Rate

نرخ عملکرد واقعی، جمع کل تعداد واقعی وقوع ضربدر ضرائب وزنی مربوطه آنها ضربدر ۱۰۰۰ تقسیم بر عدد واقعی ساعات کار در سه ماهه است، که در این مثال ۲۰۰۰ ساعت بود. همانطور که درشکل ۹-۳ نشان داده شده است، جمع کل معیارهای APR ضربدر فاکتورهای وزنی مربوطه ۱۴/۹۸ می باشد. بنابراین، نرخ عملکرد واقعی برابر است با:

۴۹/۷= ۲۰۰۰ ÷ ۱۰۰۰× ۹۸/۱۴.

الف- از شکل ۹-۲ مجموع کل تعداد مورد انتظار رخدادها ضرب در ضرائب وزنی مربوطه آنها = ۵/۵۴

بنابراین نرخ عملکرد مورد انتظار (EPR) در هر ۱۰۰۰ واحد ساعت برابر است با: ۲/۵۷ = ۲۱۶۰/ ۱۰۰۰×۵/۵۴

ب- همچنین از شکل ۹-۲ ، مجموع کل تعداد واقعی رخدادها ضرب در ضرائب وزنی مربوطه آنها = ۱۴/۹۸

بنابراین نرخ عملکرد واقعی (APR) در هر ۱۰۰۰ واحد ساعت برابر است با: ۷/۴۹ = ۲۰۰۰/ ۱۰۰۰×۱۴/۹۸

نکته ها : ۱- در مجموع ۲۱۶۰ ساعت در یک دوره سه ماهه در دسترس وجود دارد .

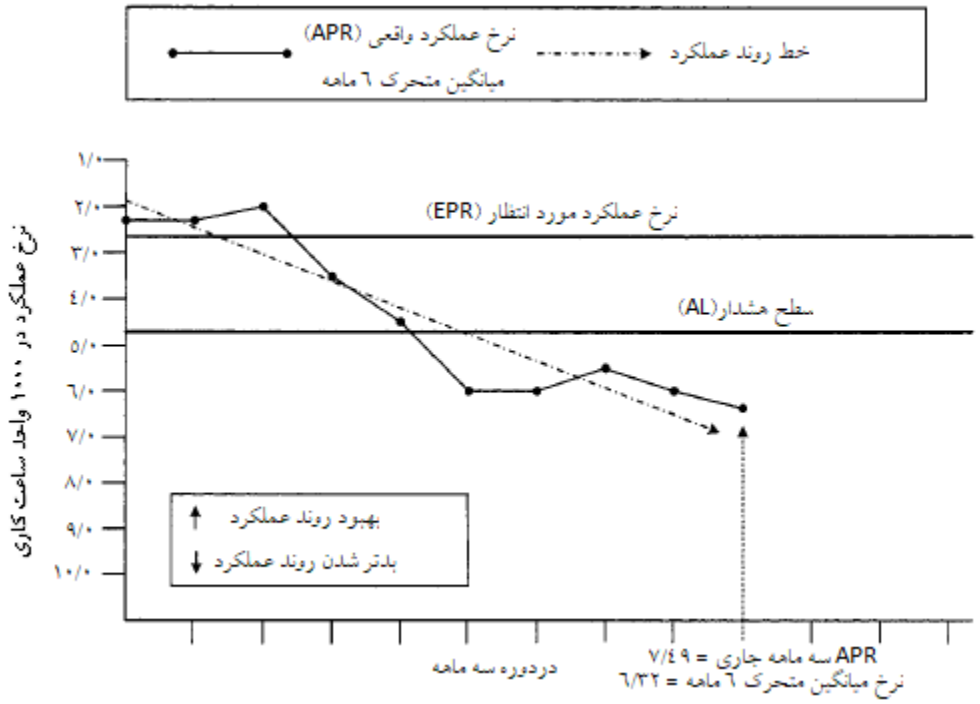
۲- در مجموع ۲۰۰۰ ساعت کار واقعی در دوره سه ماهه جاری وجود داشت .

شکل ۹-۳-محاسبات پایش عملکرد

۹-۷- نمودار عملکرد[۱]

در شکل ۹-۴، من یک خط روند عملکرد نوعی را برای کل کارخانه نشان داده ام. این روند، همچنین می تواند روند هر سیستم را منعکس کند. بیایید به ویژگی های این نمودار نگاه کنیم. EPR کارخانه که محاسبه شد، ۲/۵۷ بود. محاسبات سه ماهه روی میانگین متحرک شش ماهه رسم می شود تا هر گونه نوسانات اریب[۲] و انحراف ها[۳] حذف شود. به یاد داشته باشید، این مقایسهٔ نسبی سه ماهه به سه ماهه است که برای تشخیص هر روند منفی یا به رسمیت شناختن هر روند مثبت مهم است. اگر پایگاه داده ای را برای ذخیره اعداد متریک توسعه داده اید، داده ها را می توان خیلی ساده محاسبه کرد و به صورت خودکار بر روی یک صفحهٔ گستردهٔ اکسل یا هر برنامهٔ نرم افزاری دیگری ترسیم کرد. حتی ممکن است بخواهید داده های خود را به صورت ماهانه با یک میانگین متحرک سه ماهه روندیابی کنید.

[۱] Performance Graph
[۲] skewed oscillations
[۳] perturbations



شکل ۹-۴-یک نمونه از روند عملکرد

من همچنین یک سطح هشدار[۱](AL) را زیر نرخ عملکرد مورد انتظار قرار داده ام تا هر بار که خط روند میانگین متحرک شما از این سطح عبور می کند، یک پرچم[۲]بالا برود. سطح هشدار را می توان در هر سطحی که انتخاب کردید، تنظیم کرد. این سطح در نظر گرفته شده است تا یک پرچم قرمز را ارائه دهد که نشان می دهد عملکرد شما از یک آستانه به یک منطقهٔ غیرقابل قبول عبور کرده است. حتی ممکن است انتخاب کنید که سطح هشدار خود را مطابق با عملکرد مورد انتظار خود طوری تنظیم کنید که هرگونه انحراف از EPR غیرقابل قبول تلقی شود. در این مثال، APR کارخانه برای سه ماهه جاری ۷/۴۹ محاسبه شده بود و میانگین متحرک شش ماهه ۶/۳۲ است. همانطور که می بینید، روند این کارخانهٔ نمونهٔ خاص مطلوب نیست. در واقع، این نمودار کارخانه ای را نشان می دهد که مشکل دارد. خط روند عملکرد همانطور که در شکل ۹-۴ نشان داده شده است، نشان دهندهٔ یک روند رو به وخامت است.

هر ماه یا هر سه ماه یکبار، این روند عملکرد می تواند توسط مدیریت ارشد بررسی شود تا تصویری از نحوه عملکرد کارخانه نسبت به روند مثبت یا منفی ارائه شود. معیارها و ضرائب وزنی تا زمانی که ثابت بمانند، کاملاً عینی هستند. تنها ذهنیتی که وارد معادله می شود ، تعیین تعداد وقوع مورد انتظار است.

---

[۱] Alert Level

[۲] flag

نکته جالب توجه این است که یک روند عملکرد رو به وخامت، همانطور که در شکل ۹-۴ نشان داده شده است، برای یک کارخانه که در سطح ظرفیت ۹۹ درصد کار می کند، غیر معمول نیست. این احساس راحتی که در هنگام کار در سطح ظرفیت ۹۹ درصد می توان معیارهای کل را که به وضوح یک کارخانهٔ رو به زوال را نشان می دهند، استتار کرد، نادرست است. در غیر این صورت، وضعیت رو به وخامت تا زمانی که یک رویداد بزرگ ناخواسته یا مجموعه ای از رویدادها رخ بدهد، بدون کنترل ادامه خواهد یافت. این تجربهٔ من در صنعت هواپیمایی و در صنعت هسته ای بوده است که بسیاری از خطوط هوایی و تأسیسات هسته ای که زمانی بدون هیچ ایده ای از مشکلات اساسی خود با یک ضریب ظرفیت ۹۹ درصدی پز می دادند، در نهایت، کارشان در عرض سه تا پنج سال اگر نه زودتر، به فهرست تحت نظر ناظران کشیده شد. این امر خیلی وقت ها اتفاق افتاده است.

تأسیساتی تحت نظارت که به سمت موقعیتی در فهرست تحت نظارت بدنام می رود یا هر تأسیساتی که در نهایت خودش را در مشکل عمیق در مورد شیوه های نگهداری و تعمیرات خود پیدا می کند، معمولاً یک شبه به آنجا نرسیده است. این امر، اثر تجمعی مجموعه ای از مسائل نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است که منجر به کاهش کُند اما ثابتِ عملکرد می شود تا زمانی که برای اصلاح وضعیت بدون یک تحول شدید خیلی دیر شده باشد، که احتمالاً حتی منجر به تغییر مدیریت کارخانه به عنوان یک اقدام اصلاحی می شود. این کاهش مداوم معمولاً خارج از دید اتفاق می افتد. به همین دلیل است که یک برنامهٔ پایش و روند یابی قوی که شامل مجموعه ای از معیارهای کلی است، در جلوگیری از این لغزش ناخواسته به درهٔ قابلیت اطمینان بسیار مهم است.

بسته به صنعت یا نوع تأسیسات خاص شما، ممکن است مایل باشید که معیارهای دیگری را در برنامهٔ روندیابی خود لحاظ کنید- به عنوان مثال، تأخیر و لغو پرواز برای یک شرکت هواپیمایی، یا تعداد بشکه های نفت از دست رفته برای یک شرکت حفاری نفت. همچنین ممکن است بخواهید از ضرائب وزنی مختلف استفاده کنید. به یاد داشته باشید، هدف از برنامهٔ پایش و روندیابی این است که هر گونه تغییر نسبی در عملکرد را تشخیص دهیم تا اقدامات اصلاحی را بتوان بلافاصله اجرا کرد.

۹-۸- نمودار عملکرد سیستم[۱]

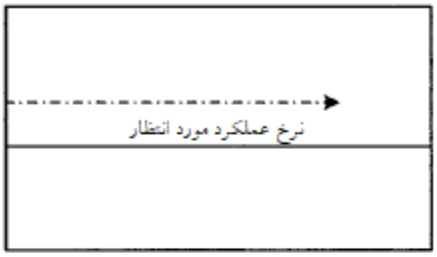
شکل ۹-۵ نشان می دهد که روندهای عملکرد سیستم مجزا شبیه چه چیزی است. این ها تصاویرکلی ماهانه یا هر سه ماهه هستند که برای هر سیستم محاسبه شده اند، مشابه روند عملکرد کارخانه که در شکل ۹-۴ نشان داده شده است. روش و فلسفه کار مشابه است. تنها تفاوت در این است که برای روند عملکرد یک سیستم

[۱] Performance Graph by System

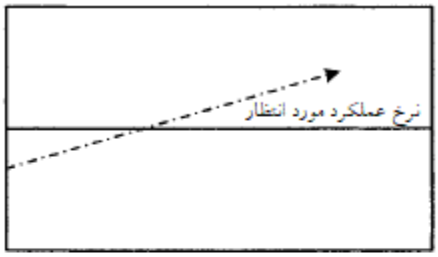
منفرد، شما باید تعداد مورد انتظار وقوع رویداد را توسط سیستم بدانید و قطعات را توسط سیستم شناسایی کنید به طوری که معیارها توسط تجهیزات موجود در آن سیستم مربوطه ایجاد شوند.

به عنوان مثال، داده های CM و PM برای تجهیزات منفرد قابل استفاده خواهد بود، و آنها باید توسط سیستم شناسایی شده باشند. به طور مشابه، اگر یک خرابی تجهیز منجر به تریپ کارخانه یا کاهش قدرت شد، باید بدانید آن تجهیز به چه سیستمی تعلق داشته است.

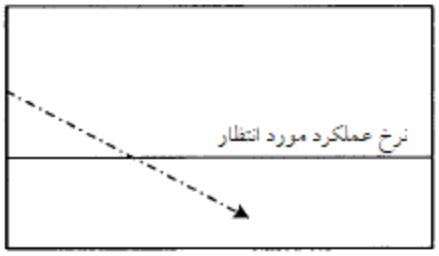
اگر تصمیم گرفتید که عملکرد خود را توسط سیستم روندیابی کنید، مدیریت شما به سرعت قادر خواهد بود در یک نگاه مشخص کند که کدام سیستم ها به پشتیبانی اضافی نیاز دارند و کدام یک به نظر می رسد به طرزی قابل اطمینان در حال کار هستند. این می تواند فرصت را برای سازمان شما جهت تخصیص مجدد منابع متناسب با آن فراهم کند و همچنین بدتر شدن روندها را در مراحلِ ابتدایی توسط سیستم شناسایی کند تا از مشکلات قبل از وقوع جلوگیری شود.



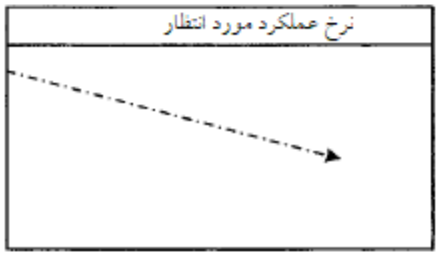
برج خنک کننده



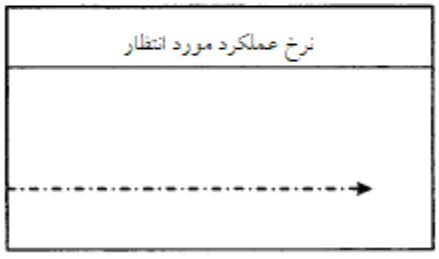
آب تغذیه



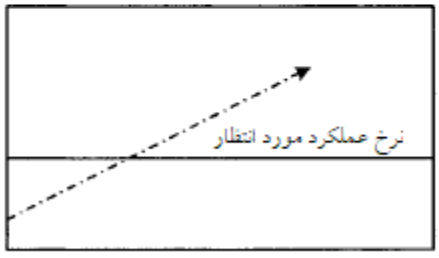
سرماسازهای اضطراری



دیزل



نوار نقاله



توربین

شکل ۹-۵-نمونه ای از روندهای عملکرد سیستم های مجزا

۹-۹- یک ملاحظه نهایی[۱]

شکل ۹-۶ این سؤال را مطرح می کند: آیا تأسیسات شما می تواند با ضریب ظرفیت ۹۹ درصد بدون تریپ کارخانه کار کند اما مدعی داشتن همان روندهای سیستم نشان داده شده در شکل ۹-۶ باشد؟ جواب این است: کاملاً ! اجتناب از این سناریو همان برنامهٔ پایش و روند یابی کل است.

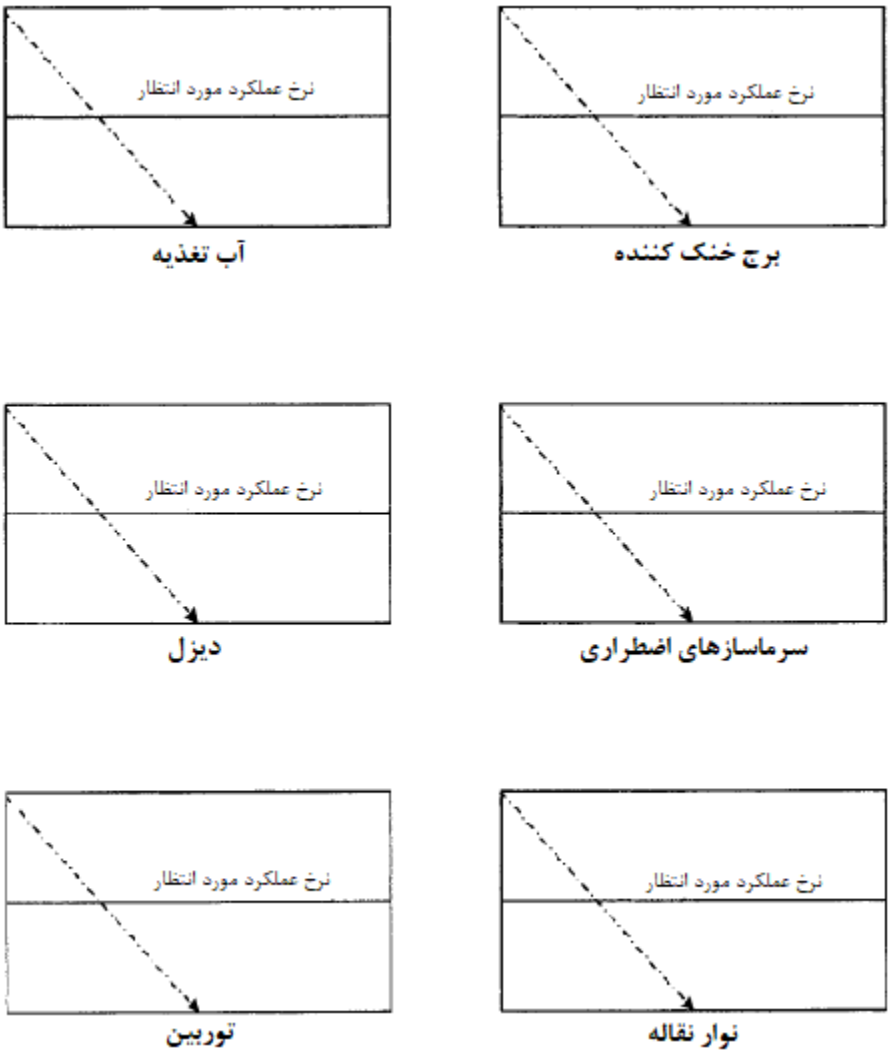
۹-۱۰- محک زنی[۲]

من استفادهٔ مناسب از ابتکارات محک زنی را تشویق می کنم. محک زنی تکنیکی است که ممکن است قبلاً با آن آشنایی داشته باشید. این تکنیک عبارت است از فرستادن یک فرد یا یک تیم به یک تأسیسات دیگر برای یافتن نحوهٔ انجام تجارت آنها و دیدن اینکه آیا چیزی ارزشمند برای یادگیری از تجربهٔ دیگران وجود دارد یا خیر. این کار می تواند با ارزش باشد، اما من به شما در مورد چیزی که آن را به عنوان «وحی منزل دانستنِ[۳]« محک زنی می نامم، هشدار می دهم، عملی که من اغلب شاهد آن بوده ام. این امر زمانی اتفاق می‌افتد که کارخانهٔ «الف» تیمی را به کارخانهٔ الگوی «ب» می‌فرستد تا بهترین شیوه های آنها را تعیین کند. چیزی که کارخانهٔ «الف» نمی داند این است که کارخانهٔ «ب» به تازگی از کارخانهٔ «ج» بازدید کرده تا بفهمد آنها چگونه کسب و کار را هدایت می کنند. درست حدس زدید: کارخانهٔ «ج» تازه از یک سفر محک زنی به کارخانهٔ «الف» برگشته بود و بنابراین کارخانهٔ «الف» فقط خود را محک زد! متأسفانه، این فرایند نشانهٔ یک تیم مدیریتی ناآگاه است.

من یک تجربهٔ نسبتاً طنزآمیز را به یاد می‌آورم که در آن یک مدیر ارشد اشاره کرد که او به تازگی متوجه شده است که مرکز X دارای یک فعالیت واقعاً خوب است که آنها برای او تبلیغ کرده بودند. بعد از اینکه توضیحات او دربارهٔ کارهای بزرگی که مرکز X انجام می داد، تمام شد، من سیاستمدارانه پاسخ دادم که به تازگی مدیر مهندسی آنها را ملاقات کرده ام و اقداماتی که آنها تبلیغ می کردند از طرف ما می آمد! هنگامی که شما یک برنامهٔ RCM متعالی ساده اما قوی و یک برنامهٔ پایش و روندیابی کل را اجرا کردید، به احتمال زیاد متوجه خواهید شد که دیگران برای یک دعوت نامه به درب شما ضربه خواهند زد تا نحوهٔ ایجاد این فعالیت ها را یاد بگیرند.

---

[۱] A Final Caution
[۲] Benchmarking
[۳] incestuous



شکل ۹-۶-آیا با این روندها می توان در سطح ظرفیت ۹۹ درصد قرار گرفت؟ پاسخ: کاملاً!

۹-۱۱-اطلاعات بیشتر دربارهٔ نرخ های عملکرد مورد انتظار

برخی از تأسیسات انتخاب می کنند که به یک تریپ کارخانه را در سال برسند. از این رو، به جای صفر، EPR برای تریپ های کارخانه در هر سه ماهه ۰/۵ =۰/۲۵ × ۲ خواهد بود. همچنین ممکن است یک نیروگاه، هشت کاهش نیرو در سال را بپذیرد که میزان هر یک بیشتر از ۲۵ درصد باشد. بنابراین، به جای صفر، افزایش EPR برای کاهش توان در هر سه ماهه ۱/۵= ۰/۷۵ × ۲ خواهد بود.

این، ذهنیت مدیریت بالاتر است که تأثیرات منفی را که آنها مایلند به عنوان هزینهٔ انجام آن کسب و کار بپذیرند، تعیین می کند. برخی از مدیریت ها ممکن است به چهار عنوان روزنامه در هر سال بسنده کنند که تبلیغات منفی را در مورد حوادث ناخواسته بزرگی که در تأسیسات آنها رخ داده است، اعلام می کنند. برخی ممکن است بپذیرند که ۱۰ تریپ کارخانه در سال قابل قبول است، یا اینکه تعداد معینی از صدمات جدی قابل قبول است. زمانی که یک تأسیسات بسیار سازگار است و یک EPR ضعیف را می پذیرد، آن تأسیسات یک

نمونهٔ برتر از قابلیت اطمینان نیست. در واقع، اگر چنین ذهنیت مدیریتی وجود دارد، شروع یک برنامهٔ RCM ممکن است ثابت کند که آن یک تلاش بیهوده است.

۹-۱۲- از غرور کاذبِ قابلیت اطمینان[۱] اجتناب کنید

تأسیساتی که به طور مداوم هر سال سطح کار را بالا می برند و برای عملکرد حتی بهتر تلاش می کنند و تأسیساتی که EPR بسیار دقیقی دارند، کارخانجات بهتری هستند که دیگران باید سعی کنند از آنها تقلید کنند.RCM برای اهداف این تأسیسات مناسب است. زمانی که سطح عملکرد به طور مداوم در حال افزایش است، حفظ وضعیت موجود یک گزینه نیست، مگر اینکه بخواهید از پیشروان قابلیت اطمینان عقب بمانید. متأسفانه، و اغلب اوقات، نخوت خاصی در مورد مجری خوب بودن در جلسات مدیریت ارشد فراگیر می شود. این همان نقطه ای است که آنها معمولاً معتقدند که به رستگاریِ قابلیت اطمینان رسیده اند و به تأسیسات خود اجازه می دهند که به عقب بلغزند زیرا آنها از هشیاری نسبت به برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خود دست بر می دارند. در تجربهٔ من، این یک دام رایج است و قطعاً باید از آن اجتناب کرد. من دیده ام که کارخانجاتی کارآمد با عملکرد بسیار خوب به دلیل غرور کاذب مدیریت به بوتهٔ فراموشی سپرده شده اند.

قابلیت اطمینان کارخانه به معنای قرار گرفتن در حالت خلبان خودکار[۲] (انجام کار بدون کنترل) نیست. این موضوع نیاز به توجه و درگیری مداوم دارد. نبود پیامدهای نامطلوب برای یک کارخانهٔ بالغ به این معنی است که کسی کاری را درست انجام داده است. معمولاً در این زمان های اوج عملکرد است که مدیریت تلاش می کند سیستم را تغییر دهد و یک فرآیند آزمایشی را برای کاهش هزینه های بیشتر با کاهش آنچه که منابع مازاد تصور می کند، آغاز می کند چون کارخانه بسیار خوب کار می کند. این مسیر به ناامیدی از قابلیت اطمینانِ بیشتر در هنگامی که تیم مدیریتی جدید از راه می رسد رخ می دهد که اولین دستور آنها بهبود سود نهائی است.

از طرف دیگر، من مدیران کارخانه ای را دیده ام که عمیقاً در مواضع خود مستحکم بودند و از ترس اینکه برای عدم اجرای زودتر تغییرات مورد انتقاد قرار نگیرند، به شدت نسبت به مطرح کردن هر تغییری بی میل بودند. در اینگونه موارد، به جای انجام آنچه که شرایط می طلبد، حفظ خود و ملاحظات نفسانی شخصی اغلب بر تصمیمات مدیریتی منطقی و معقول حکمفرما می شود.

زمانی که در نهایت به مشخصات عملکرد قابل اطمینان آبرومندانه ای برای کارخانهٔ خود دست پیدا کردید، برنامهٔ نگهداری و تعمیرات می تواند تبدیل به یک فرصت غنی از هدف برای افراد حسابگر[۳] شرکت شود. از آنجایی که همه چیز خیلی خوب پیش می رود، واضح است که باید فضایی برای کاهش هزینه ها وجود داشته

[۱] Reliability Complacency
[۲] autopilot
[۳] bean counters

باشد- که آنها بدون هر گونه توجه به پیامدها به انجام این کار ادامه می دهند. این یک اشتباه بزرگ است- هرچند با نظم بیش از حد اتفاق بیفتد. بیایید ببینیم چگونه این موضوع به صورت گرافیکی نشان داده می شود.

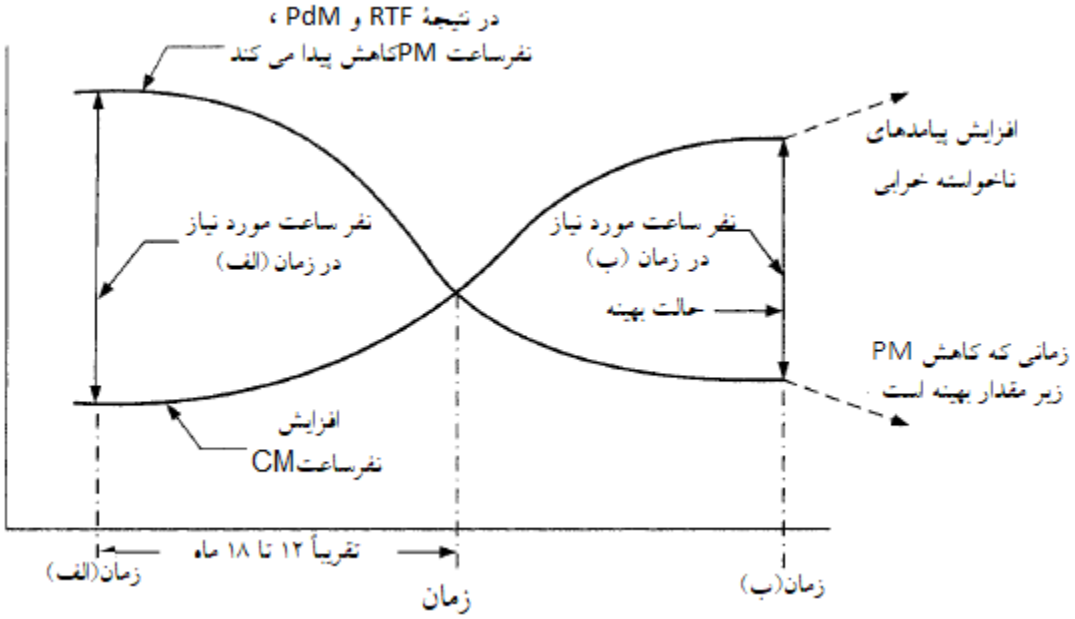
۹-۱۳- چگونه عملکرد قابلیت اطمینان خود را حفظ کنید

زمانی که تلاش RCM خود را افزایش می دهید، قابلیت اطمینان هدف شماره یک شماست. همانطور که فصل ۱ اشاره می کند، RCM یک برنامهٔ قابلیت اطمینان است، نه یک برنامهٔ کاهش PM. اگر شما با یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ صرفه جویانه[۱]شروع کردید، بدون شک کاری را اضافه خواهید کرد که انجام نمی شده است اما باید انجام می شده و شما به احتمال زیاد نیاز به افزایش نیروی انسانی خواهید داشت. فرض کنید تأسیسات شما یکی از تأسیساتی است که کارهای غیر ضروری بیش از حد انجام می دهد- به عنوان مثال، PMهای بیش از حد مزاحم برای تعمیرات اساسی و تعویض های دوره ای به جای استفادهٔ بیشتر از فعالیت های PdM وجود دارد. یک برنامهٔ RCM بی نقص به شما فرصتی برای کارآمدتر شدن می دهد. این امر به معنی اخراج فوری ۱۵درصد از نیروی کار در صورت حذف ۱۵ درصد از PM ها نیست. پس از دادن مدتی به برنامهٔ RCM خود برای ادغام خود با رویه های کاری شما، وضعیت در تأسیسات شما به احتمال زیاد شبیه نمایش گرافیکی در شکل ۹-۷ خواهد بود، که رابطهٔ بین ساعات کار نگهداری و تعمیرات[۲]WHs)) و زمان را نشان می دهد که در آن ساعات کار نگهداری و تعمیرات مورد نیاز برابر با مجموع بارهای کاری برای انجام هم PM ها و هم CM ها است.

اگر متوجه شده اید که فعالیت RCM شما یک گروه تجهیزاتی بزرگتر از آنچه که قبلاً داشتید، را شناسایی کرده است، که می توانند به عنوان کارکرد-تا-خرابی دسته بندی شوند یا در معرض فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیش بینانه به جای تعمیرات اساسی سرزده قرار گیرند، ساعات کاری الزامی PM شما کاهش خواهد یافت. چرا ؟ یک دلیل این است که اگر شما در حال اجرای PM بر روی تجهیزی هستید که برای تجهیزات کارکرد-تا-خرابی قابل قبول است، بدیهی است که ساعات کاری PM کمتری مورد نیاز خواهد بود. علاوه بر این، اگر فعالیت های ناخوانده را با فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیش بینانه رد و بدل کرده اید، نیاز شما به کارکنان PM نیز کاهش خواهد یافت. اما صبر کنید، این پایان داستان نیست. نیاز شما به کارکنان CM افزایش خواهد یافت!

[۱] Spartan

[۲] maintenance worker-hours



شکل ۹-۷- نفر ساعت نگهداری و تعمیرات (PM ها + CM ها) .

خبر خوب این است که این فعالیت ها تا یک بازهٔ زمانی خاص، که از روی تجربه می توان آن را بین ۱۲ تا ۱۸ ماه تخمین زد، با نرخی افزایش خواهند یافت که کمتر از نرخی کاهش کارکنان PM است. در نقطه ای از نمودار، PM ها و CM ها به حالت تعادل خواهند رسید. این موضوع در شکل ۹-۷ به عنوان «وضعیت بهینه»[۱] نشان داده شده است. در اینجا برخی از ملاحظات مربوط به RTF، PM ها ، CM ها، PdM ها و کارکنان وجود دارد:

■ با درک بیشتر از مفهوم RTF و اینکه چگونه RTF می تواند به بخشی جدایی ناپذیر از برنامهٔ شما تبدیل شود، CM های ناشی از RTF عمدتاً کار «اضطراری»[۲] خواهند بود تا نه کار «برنامه ریزی شده»[۳] مانند نتیجه مورد انتظار از فعالیت های PM و PdM.

■ با وجود فعالیت های PdM، به دلیل هشدار قبلی در مورد یک خرابی قریب الوقوع، CM ها را می توان بر اساس آن برنامه ریزی و زمان بندی کرد.

دوباره به شکل ۹-۷ نگاه کنید. با فلسفهٔ هرRTF که به تازگی اجرا شده است، PM ها به سرعت کاهش خواهند یافت؛ بنابراین، ساعات کاری PM نیز به سرعت کاهش می یابد و تعداد CM ها یک صعود سریع را برای تقریباً ۱۲ تا ۱۸ ماه شروع می کند. سپس ساعات کار شروع به تثبیت خواهد کرد. احتمالاً ساعات کار مورد نیاز نگهداری و تعمیرات کلی (PMs + CMs) در زمان (B) کمتر از زمان (A) خواهد بود، به علت کاراییِ کار بر

[۱] optimum state
[۲] emergent
[۳] planned

روی تجهیز زمانی که آن کار مورد نیاز است به جای انجام کارهای غیر ضروری PM در مواقعی که نیازی به آن نیست. یک تجهیز هنوز هم در برخی موارد نیاز به تعمیرات اساسی دارد، اما تا زمانی که تجهیز به آن نیاز نداشته باشد تعمیرات اساسی انجام نخواهد شد، و این جایی که است بیشتر کارایی نگهداری و تعمیرات صورت می گیرد.

این ارزیابی بیشتر به طور جهانی توسط منحنی «وان حمام»[۱] پشتیبانی می شود، که به موجب آن تنها ۱۱ درصد از تمام تجهیزات الگوی فرسودگی قطعی را نشان می دهد- به عبارت دیگر، ۸۹ درصد از کل تجهیزات در غیر این صورت به طور تصادفی از کار می افتند. از این رو، این موضوع بر اهمیت اجرای PdM تأکید می کند، همانطور که در فصل ۶ مورد بحث قرار گرفت.

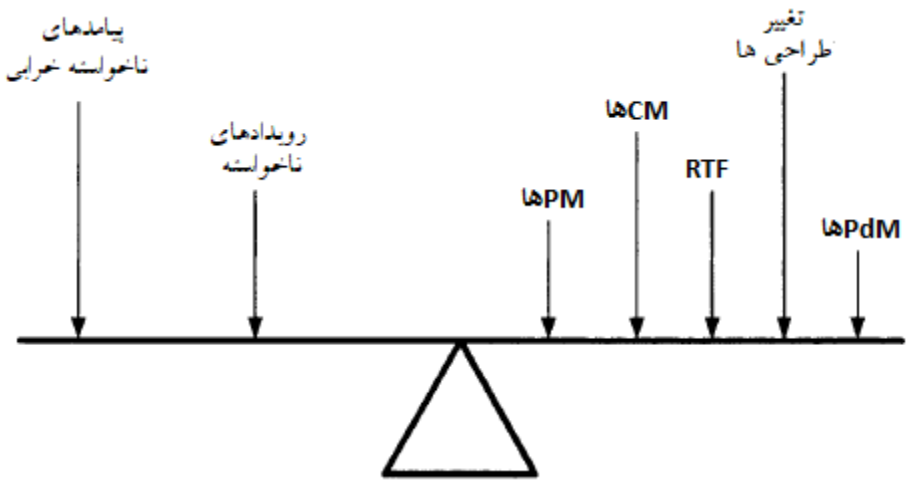
شاید یکی از مهم ترین مسائلی که صنعت با آن مواجه است، درک تأثیری است که PdM و RTF بر «پایین دست»[۲]دارند. نکته اصلی این است که در آینده بیشتر کارهای شما دیگر توسط PM ها هدایت نمی شود، بلکه در عوض در درجهٔ اول توسط نگهداری و تعمیرات اصلاحی اضطراری هدایت خواهد شد. این چیز بدی نیست. در واقع، همانطور که در شکل ۹-۷ نشان داده شده است، این روشِ کارآمدتری برای انجام نگهداری و تعمیرات است.

حالت بهینهٔ تعادل به طور مداوم به حالت های نسبی تعادل تغییر می کند، با افزایش سن کارخانهٔ شما، با آشکار شدن حالت های خرابی جدید، با رخ دادن تغییرات در کارخانه و هنگامی که فعالیت های جدیدتر PdM در دسترس می شوند و در برنامهٔ شما گنجانده می شوند. حالت بهینه ممکن است به طور نسبی تغییر کند، اما همان تعادل نسبی حاکم است. حالت بهینه برای هر تأسیساتی منحصر به فرد است، اما از نظر نسبی مشابه است. این امر شبیه یک امضای مجزا برای هر کارخانه است. این موضوع یک تعادل عملکردی از طراحی منحصر به فرد کارخانهٔ شما، تجهیزات آن و فعالیت های عملیاتی آن است. هدف شما این نیست که CM صفر داشته باشید بلکه جستجوی نقطهٔ تعادل بهینه بین PMها و CMها است که به طور خاص برای تأسیسات شما قابل کاربرد است- به همان شیوه که امضا یا اثر انگشت شما مختص شماست.

شکل ۹-۸ به صورت بصری نشان می دهد که دستیابی به حالت بهینهٔ تعادل چقدر ظریف است. استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شامل PM، CM، PdM، RTF و حتی تغییرات طراحی[۳] است که در هماهنگی برای ایجاد تعادل در هر کدام از پیامدهای ناخواستهٔ خرابی یا سایر رویدادهای برنامه ریزی نشده عمل می

[۱] bathtub curve
[۲] downstream
[۳] design changes

کنند. اندازهٔ «نوسان»[1]، وزن «بارهای»[2] معین شده و مکان نقطهٔ اتکا برای هر صنعت و برای هر تأسیسات در آن صنعت منحصر به فرد است.



شکل ۹-۸-تعادل بهینه قابلیت اطمینان.

بهینه سازی بی رویهٔ برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه زیر سطح بهینه بدون توجه به پیامدهای انجام این کار، منجر به کاهش سطوح قابلیت اطمینان کلی شما می شود. بهینه سازی بی رویهٔ یک برنامهٔ قابلیت اطمینان برتر بی شباهت به اضافه کردن یک پیمانه نمک یا شکر اضافی به یک دستور پخت ثابت شده نیست. این امر می تواند کاملاً تعادل آن دستور پخت را به هم بزند و شادی و شعف یک متخصص را به چیزی غیرقابل خوردن تبدیل کند. همانطور که در شکل ۹-۷ نشان داده شده است، زمانی که PM ها به کمتر از سطح بهینهٔ خود کاهش می یابند، افزایش در پیامدهای ناخواستهٔ خرابی با احتمال قریب به یقین رخ می دهد. من شاهد این پدیدهٔ دست اول بوده ام.

شکل ۹-۷ همچنین نوری بر موضوع منابع به صورت فوری نه در دراز مدت، می تاباند. با کاهش PM ها و هنگامی که فعالیت‌های PdM کاملاً تثبیت شدند، ممکن است یک مازاد منابع به طور موقت مشهود باشد اما این مازاد کوتاه مدت خواهد بود زیرا کار CM اضطراری شروع به افزایش خواهد کرد. شما باید توجه داشته باشید که منابعی را که در نهایت در یک زمان نسبتاً کوتاه مورد نیاز است، با عجله رها نکنید.

منابع مورد نیاز در زمان (B) صرفاً به دلیل مبادلهٔ کار ناخوانده برای PdM در نهایت کمتر از منابع مورد نیاز در زمان (A) است. با این حال، در برخی موارد باز هم تعمیرات اساسی یا تعویض مورد نیاز است اما نه تا زمانی که واقعاً مورد نیاز باشد و نه با دورهٔ تناوب اختیاری. هر منبعی که در زمان (B) صرفه جویی می شود، می

[1] seesaw
[2] loads

تواند برای کارهای عقب افتاده یا برای اجازهٔ از دست دادن منظم این منابع در نتیجهٔ بازنشستگی، نقل و انتقالات یا موارد مشابه استفاده شود.

۹-۱۴- خلاصه فصل

■ پایش معیارهای عملکرد کل به شما اجازه می دهد که در ارزیابی کمی قابلیت اطمینان کارخانهٔ خود پیشقدم باشید.

■ قابلیت اطمینان توسط نولان و هیپ به عنوان «احتمال این که یک آیتم تا یک سن عملیاتی مشخص تحت شرایط عملیاتی مشخص بدون خرابی دوام بیاورد» تعریف شد. این یک تعریف صحیح با توجه به قابلیت اطمینان یک تجهیز خاص یا یک سیستم خاص است که صرفاً بر اساس خرابی ها استوار است.

■ علاوه بر تعریف نولان و هیپ، من قابلیت اطمینان را به عنوان نرخ تجمعی و یکپارچهٔ کل رویدادهای ناخواسته در واحد زمان که رویدادها فقط محدود به خرابی تجهیزات نمی شوند، می بینم.

■ معیارهای مورد استفاده برای پایش سلامت یک کارخانه مشابه با آنهایی هستند که برای پایش سلامت بدن انسان استفاده می شوند.

■ بسیاری از صنایع توجه ناکافی به برقراری یک معیار دقیق و قوی برای پایش و روند یابی عملکرد و قابلیت اطمینان کارخانه داشته اند.

■ تلفیقی از نظرات ذهنی و لفاظی نباید بخشی از استراتژی پایش و روند یابی باشد.

■ قابلیت اطمینان را می توان بر اساس روابط کمی به جای باورها یا پیش بینی های سست مسؤولین برای تدوین و مدیریت برنامهٔ پایش اندازه گیری کرد.

■ معیارهای استفاده شده در این کتاب برای ایجاد استراتژی پایش و روند یابی تقریباً همه رویدادها و داده های عملکردی مؤثر ممکن را شامل می شود که می توانند اثری بر روی قابلیت اطمینان کارخانه بگذارند. این استراتژی به طور عینی همه دینامیک های ممکن را که می تواند رخ دهد، با یک ضریب وزنیِ ثبت شده برای هر رویداد بسته به اهمیت نسبی آن، یکپارچه می کند.

■ قابلیت اطمینان باید در یک واحد زمانی خاص اندازه گیری شود. این واحد زمانی به عنوان مثال به طور مناسب تر به عنوان نرخ در هر ۱۰۰۰ واحد ساعت عملیاتی اندازه گیری می شود؛ بنابراین، هر معیار برای نرخ زمان معین محاسبه می شود. معیارها نباید یک عدد ناخالص ثابت از رخدادها باشد.

■ ضرائب وزنی برای معیارها باید توسط یک اجماع از سازمان های مهندسی، نگهداری و تعمیرات و عملیات توسعه داده شود و باید منعکس کنندهٔ اهمیت نسبی هر رویداد باشد. تعداد رویدادهای مورد انتظار نیز باید با اجماع این سازمان ها توسعه یافته باشد.

■ محاسبات عملکرد بر اساس نرخ زمان است. محاسبات شامل نرخ عملکرد مورد انتظار(EPR) و نرخ عملکرد واقعی (APR) است.

■ محاسبات می تواند نموداری برای نشان دادن یک عکس فوری از نرخ عملکرد کل کارخانه باشد. محاسبات همچنین می تواند برای نشان دادن یک عکس فوری از نرخ عملکرد هر یک از سیستم های منفرد رسم شود.

■ تأسیسات شما می تواند در سطح ظرفیت ۹۹ درصد کار کند و همچنان به سمت یک ورطهٔ قابلیت اطمینان هدایت شود که اگر یک برنامهٔ پایش و روند یابی قوی رو به رشد کل در استراتژی شما غایب باشد، کشف نمی شود.

■ تأسیساتی که به طور مداوم هر سال سطح را بالا می برد، برای عملکرد حتی بهتر تلاش می کند و یک EPR بسیار سخت را دربردارد، از جمله تأسیساتی است که عملکرد بهتری نسبت به سایرین دارند که دیگران باید سعی کنند از آنها تقلید کنند. RCM برای اهداف آنها بسیار مناسب است .

■ یک کارخانه با عملکرد روان و کارآمد می تواند به فراموشی سپرده شود اگر که مدیریت آن مغرور شود. حرکت از «سرگروه بودن»[۱] به «ته گروه بودن»[۲] یک شبه اتفاق نمی افتد بلکه معمولاً به تدریج و در طی دوره ای از سال ها رخ می دهد.

■ قابلیت اطمینان کارخانه به معنای قرار گرفتن در حالت خلبان خودکار (انجام کار بدون کنترل) نیست بلکه نیاز به توجه و درگیری مداوم دارد.

■ در نقطه ای، PM ها و CM ها در حالت تعادل قرار می گیرند (وضعیت بهینه در شکل ۹-۷). زمانی که PM ها به زیر سطح بهینهٔ خود کاهش یافته است، افزایش ناخواستهٔ پیامدهای خرابی با احتمال قریب به یقین رخ خواهد داد.

■ با هر فلسفهٔ RTF که به تازگی اجرا شده است، PM ها به سرعت کاهش می یابند؛ بنابراین ساعات کار به سرعت کاهش می یابد و CM ها یک صعود سریع را برای تقریباً ۱۲ تا ۱۸ ماه آغاز می کنند. سپس ساعات کاری شروع به تثبیت خواهد کرد.

■ حالت بهینه ممکن است به طور نسبی تغییر کند، اما تعادل نسبی یکسانی حاکم است. حالت بهینه برای هر تأسیساتی منحصر به فرد است، اما از نظر نسبی مشابه است. این موضوع شبیه یک امضای مجزا برای هر کارخانه است. هدف شما این نیست که CM صفر داشته باشید، بلکه جستجوی نقطهٔ تعادل بهینه بین PM ها و CM ها است که به طور خاص برای تأسیسات شما قابل کاربرد است.

■ در برخی موارد باز هم تعمیرات اساسی یا تعویض مورد نیاز است اما نه تا زمانی که واقعاً مورد نیاز باشد و نه با دورهٔ تناوب اختیاری.

---

[۱] leader of the pack

[۲] bottom of the pack

فصل ۱۰: پیاده سازی RCM به زبان ساده-پایان

تبریک می گویم ! شما به تازگی سفر خود را به پایان رسانده اید، در جهت یادگیری اینکه چقدر ساده است که یک برنامهٔRCM کلاسیک متعالی را ایجاد کنید. شما مقدار زیادی از اطلاعات را جذب کرده اید، و بدون شک مایل هستید که مجدداً فصل های خاصی را برای مروری بر نکات ظریف هر مرحله از فرآیند به تفصیل بررسی کنید.

۱۰-۱- RCM به عنوان یک فرهنگ کارخانه[۱]

در طول این کتاب، من گهگاه اشاره کرده ام که چگونه ذهنیت ها و رفتارهای مدیریت می تواند بر فرهنگ یک سازمان تأثیر بگذارد. منظور من از فرهنگِ مدیریت[۲]، باورهای پیش بینی شده، اشتیاق و صداقتی است که مدیریت به نمایش می گذارد و در سراسر سازمان پرورش می دهد، چه در مسیر مثبت و چه درمسیر منفی. در سخنرانی های متعددِ من، در ملاقات با رهبران صنعت درکنفرانس های مختلف، در بازدیدها از سایر تأسیسات، و از تجربهٔ دست اول، من هم اثرات فرهنگ خوب و هم اثرات فرهنگ بد را دیده ام. این یک کیفیت متمایز اما ناملموس است که یک فرهنگ خوب را از یک فرهنگ نه چندان خوب متمایز می کند. ریشه های یک فرهنگ سازمانی در پاسخ های درونی صادقانه به سؤالاتی از این قبیل یافت می شود: آیا مدیریت شما به سرپوش گذاشتن بر چیزی که منفی است، اعتقاد دارد؟ آیا دستور کار پنهانی وجود دارد که ترویج کند «خوب به نظر برسید»[۳]، مهم نیست چه اتفاقی می افتد؟ آیا مدیریت شما فقط یک باور ضعیف به قابلیت اطمینان را حفظ می کند؟ آیا پرداختن به مسائل قابلیت اطمینان یک «وعده و وعید»[۴] سطحی است، یا شاید یک ذهنیت «مد روز»[۵] وجود دارد؟ من همهٔ این فلسفه ها را در عمل دیده ام، و هیچ یک از آنها به خوبی کار نمی کند. مهم نیست که یک تیم مدیریتی چقدر تلاش می کند تا تصویری از مراقبت و خودارزیابی از نظر قابلیت اطمینان بسازد، اگر دل ها و ذهن های آن تیم مدیریت کاملاً متعهد نباشد، عدم صداقت و سطحی بودن آنها به سرعت ماهیت واقعیِ آنها را نشان خواهد داد- طبل تو خالی. در نهایت دود پاک می شود و فقط آینه ها باقی می مانند(یعنی وقتی که پرده ها کنار رفت، حقیقت آشکار خواهد شد).

در مقابل، من فرهنگ هایی را دیده ام که در آن مدیریت واقعاً متعهد به دستیابی به موفقیت در قابلیت اطمینان بوده است و آن را در اقداماتش، صراحتش و تمایلش به برطرف کردن اصولیِ نقاط ضعف با چیزی

---

[۱] RCM as a Plant Culture
[۲] management culture
[۳] looking good
[۴] lip service
[۵] flavor of the day

بیش از کلماتی صرفاً توخالی نشان داده است. یک نگرش انکار، حالت تدافعی، نطق های مخفی کاری فریبنده، و ترفندهای دیگر وجود نداشته است. فرهنگ مثبت زمانی پرورش می یابد که یک تیم مدیریتی تلاش های خود را به سمت انجام کارِ درست به جای صرف همان مقدار تلاش برای دور زدن کاری که باید انجام شود، هدایت می کند. آن تأسیساتی که تلاش خود را به سمت یک فشار واقعی برای قابلیت اطمینان هدایت می کند، حتی اگر در ابتدا دردناک باشد، پاداش یک فرهنگ خوب را درو خواهد کرد. افرادی در سمت های مسؤول در تأسیسات شما که توانایی مقتدرانه ای برای ایجاد یک فرهنگ قابلیت اطمینان و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ واقعاً صادقانه را دارند، فرصتی طلایی برای پیشرفت آن فرهنگ با استفاده از RCM دارند. مشخص شده که بهترین تأسیسات و سازمان هایی که نمونه های درخشانی از شیوهٔ قابلیت اطمینان بی نقص هستند، به طور مشترک یک فرهنگ مدیریتی دارند که روشنفکر، صادق در اعتقاداتش و همیشه هوشیار در مورد حفظ شهرت به عنوان بهترین و ایمن ترین سازمانی که می تواند باشد، است.

همانطور که آموختید، RCM فقط برای بخش نگهداری نیست. فقط برای عملیات نیست. و فقط برای مهندسی نیست. RCM می تواند کاتالیزوری برای ترویج فرهنگ سازمانی باشد که انرژی همه طرفین را به سمت یک هدف مشترک هدایت می کند: یک تأسیسات امن و قابل اطمینان. این فرهنگ سازمانی می تواند با مشارکت جمعیِ همه ذینفعان به دست آمده باشد- نگهداری و تعمیرات، عملیات ، مهندسی و پرسنل استادکار و تکنسین ها- که با هم کار می کنند همراه با درکی از منطق ساده و رویکرد عامی که RCM ارائه می دهد. تا زمانی که RCM به صورت صحیح و ساده استفاده شود، یک عمل پذیرفته شدهٔ جهانی است که از آزمون زمان سربلند بیرون آمده و در برابر مجموعه ای از چالش ها برای منطق ساده اش دوام آورده است.

در مورد فرهنگ ایمنی، به ویژه وقتی موضوعِ ایمنی پرسنل و سازمان در میان است، من مدافع مطلق آن هستم. همانطور که در فصل ۱ اشاره کردم، این فرصت را داشته ام که در دو مورد از سخت گیرترین صنایع از نظر استانداردهای ایمنی کار کنم: صنایع هوانوردی تجاری و انرژی هسته ای تجاری.

به خطر انداختن ایمنی هرگز یک گزینه نیست و من هرگز فهم این واقعیت را از دست نداده ام که تصمیمات من می تواند بر زندگی پدربزرگان و مادربزرگان، پسران، دختران، شوهران، همسران و سایر عزیزانی که با سرعتی بیش از ۶۰۰ مایل در ساعت در ارتفاعی بیش از ۳۰۰۰۰ فوت در یک هواپیمای بسیار پیشرفته و پیچیده پرواز می کنند، تأثیر بگذارد. من هرگز فراموش نکرده ام که چگونه اشتباهات در یک محیط هسته ای به طور بالقوه بر زندگی هزاران نفری که در منطقه ای در اطراف یک نیروگاه هسته ای زندگی می کنند، تأثیر می گذارد. رعایت ایمنی اجباری است.

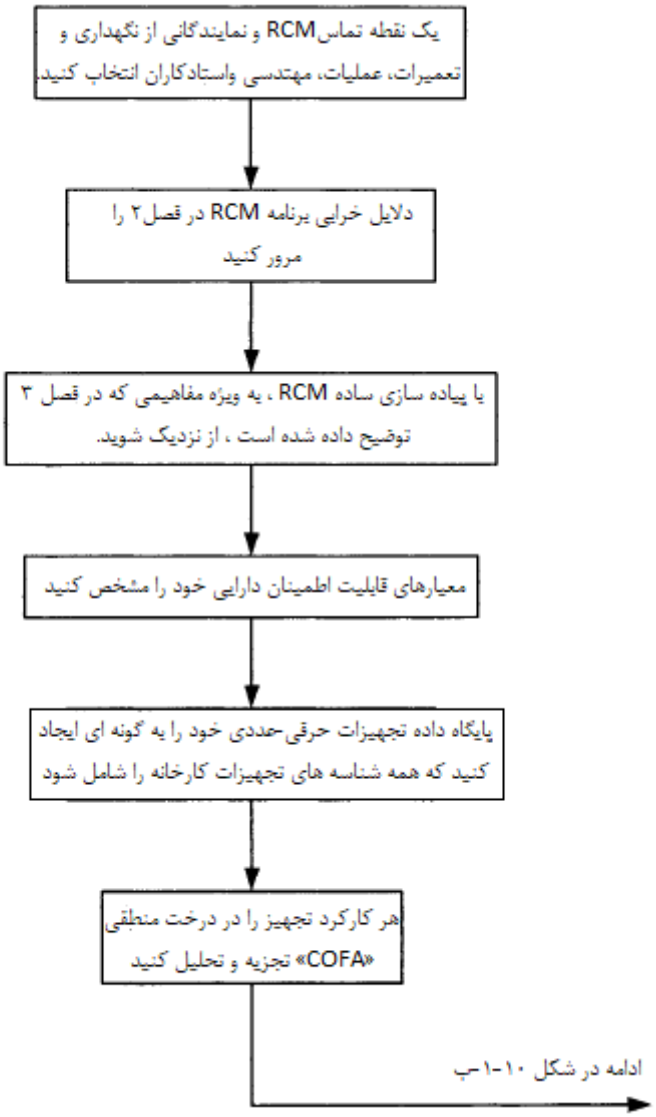
۱۰-۲- بررسی گام به گام فرآیند

به عنوان یک بررسی کلی از فصل های ۱ تا ۹، شکل های ۱۰-۱-الف و ب و پ به طور خلاصه هر مرحله از فرآیند پیاده سازی سادهٔ RCM را بازبینی می کند. ممکن است بخواهید به یک فصل خاص برای بررسی عمیق تر برگردید.

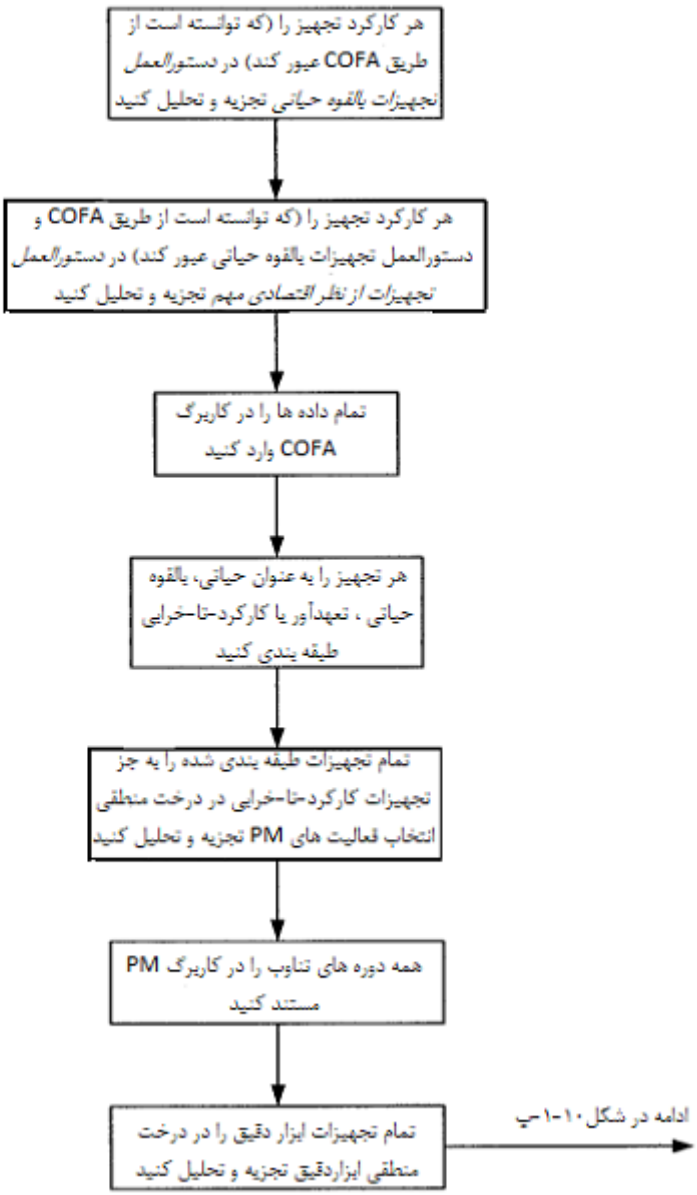
۱۰-۲-۱- انتخاب یک نقطهٔ تماس RCM

این جایی است که شما شروع می کنید. شما باید فردی را انتخاب کنید که دارای مهارت های رهبری و ارتباطی به عنوان تنها نقطهٔ تماس RCM شما باشد (SPOC). این شخص حداقل باید یک نماینده از نگهداری و تعمیرات، عملیات، مهندسی و اعضای منتخب استادکار را گرد هم بیاورد. نمایندگان می توانند از درون سازمان های مختلف و حرفه های مختلف براساس تخصص کاربردی مورد نیاز در آن نقطه از تحلیل شما به نوبت عوض شوند. همه اعضای تیم باید با پیاده سازی ساده RCM آشنا شوند.

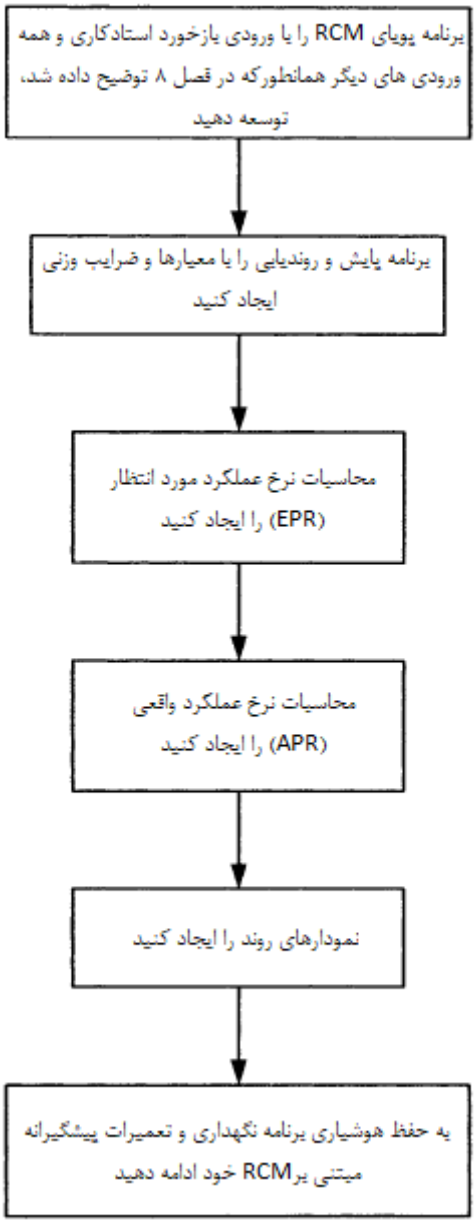
به جای تجویز برخی از برنامه های آموزشی دقیق با استفاده از تسهیل گران و مشاوران، SPOC باید در مورد چگونگی اطمینان از اینکه همه بازیگران کلیدی دانش مورد نیاز RCM را دارند، پاسخگو باشد. من توصیه می کنم که همهٔ افراد درگیر در برنامهٔ RCM، حداقل فصل های ۳ ، ۵ و ۶ را بخوانند. این فصل ها به خودی خود باید برای آموزش درک RCM و توانایی پیاده سازی یک برنامهٔ قابلیت اطمینان برتر کافی باشند.



شکل ۱۰-۱-الف-فرایند RCM



شکل ۱۰-۱-ب-فرایند RCM



شکل ۱۰-۱-پ-فرایند RCM

۱۰-۲-۲- بررسی دلایل شکست برنامهٔ RCM

این حوزه ای است که SPOC می تواند برای تیم توضیح دهد. شما نمی خواهید که در همان تله‌ها، گودال‌ها و فروچاله‌هایی بیفتید که دیگران را در تلاش برای اجرای برنامه های RCM بلعیده اند. در فصل ۲، من رایج ترین دلایل شکست را برای اجرای موفقیت آمیز یک برنامهٔRCM فهرست کردم. یک جزء اصلی از چنین شکستی، دخالت مشاوران است. آنها نه تنها گران قیمت هستند، بلکه اکنون که این کتاب را تکمیل کرده اید، بیشترِ آنها دانش کمتری در مورد RCM نسبت به شما دارند.

۱۰-۲-۳- درک مفاهیم

درک مفاهیم پیاده سازی ساده RCM، شاید مهم ترین عنصر در اجرای موفقیت آمیز برنامهٔ RCM شما باشد. یک راه مطمئن برای موفقیت در درک مفاهیم خرابی های پنهان، تجهیزات حیاتی، تجزیه و تحلیل خرابی منفرد و خرابی چندگانه، تجهیزات بالقوه حیاتی که حلقهٔ مفقودهٔ RCM بوده اند، قانون کانُن کارکرد-تا-خرابی، تجزیه و تحلیل پیامد های شکست(COFA)، افزونگی، تجهیزات پشتیبان و کارکردهای آماده به کار، نهفته است.

من نمی توانم بیش از حد بر اهمیت درک این مفاهیم و به کارگیری مناسب آنها تأکید کنم. RCM اساساً است یک فرآیند تصمیم گیری سیاه و سفید و مبتنی بر عقل سلیم است، وقتی که شما قوانین و مفاهیم اصلی را درک کردید. همهٔ این مفاهیم در فصل ۳ به تفصیل توضیح داده شده است.

همچنین به یاد داشته باشید که قابلیت اطمینان و ایمنی سازمان به آن آسیب پذیری هایی مرتبط است که هنوز شناسایی نشده اند، زیرا پیامدهای شکست پیرامون آن آسیب پذیری ها هنوز رخ نداده است.

«پیاده سازی ***RCM*** به زبان ساده» کلاً در مورد یافتن این آسیب‌پذیری‌ها است قبل از اینکه رخ بدهند و منجر به پیامدهای ناخواستهٔ خرابی شوند.

۱۰-۲-۴- تعریف معیارهای قابلیت اطمینان دارایی خود

این مرحله از فرآیند جایی است که شما «استاندارد طلایی»[۱] منحصربفرد قابلیت اطمینان سازمان خود را تعیین می کنید. این استانداردی است که شما برای حفظ قابلیت اطمینان تأسیسات خود تعیین کرده اید. معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که شما تعیین می کنید، باید یک تعریف واضح و مختصر از رویدادهای ناخواسته ای باشد که می خواهید از آنها اجتناب کنید. این چیزی است که شما کل منطق RCM خود را بر اساس آن قرارمی دهید. دفاع از تأسیسات خود در برابر این رویدادهای ناخواسته همان چیزی است که استراتژی برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ شما برای آن طراحی می شود. منطق RCM به بررسی پیامدهای خرابی تجهیزات برای تأثیر آنها بر هر یک از آنها معیارهای قابلیت اطمینان دارایی که انتخاب کرده اید، می پردازد.

به دلیل اهمیت انتخاب این معیارها، اکیداً توصیه می شود که مدیران ارشدِ همهٔ سازمان های ذینفع یک «یادداشت تفاهم»[۲] را برای تأیید موافقت آنها شامل هرگونه «شرایط صلاحیت»[۳] امضا کنند. شکل ۵-۱ برخی از معیارهای معمول قابلیت اطمینان دارایی را فهرست می کند. صنایع مختلف و انواع مختلفی از تأسیسات، ممکن است اهداف معیارهای مختلف داشته باشند. با این حال، دو معیار اول مربوط به ایمنی پرسنل و سازمان،

[۱] gold standard
[۲] memorandum of understanding
[۳] qualifying conditions

معیارهای اجباری و غیرقابل مذاکره برای هر صنعت یا سازمان هستند. معیار باقی مانده، آن رویدادهای عملیاتی ناخواسته ای را پوشش می دهد که شما و مدیریت شما تصمیم گرفته اید که باید از آنها اجتناب شود.

۱۰-۲-۵- ایجاد پایگاه داده الفبایی تجهیزات خود

این پایگاه داده ای است که تمام اجزای موجود در سازمان شما را شامل می شود. این در سطح تجهیزات است که در آن یک عدد شناسهٔ تجهیز مجزا تعریف شده است. این ها تجهیزاتی هستند که در «درخت منطقی RCM COFA» شما برای کارکردشان تجزیه و تحلیل خواهند شد. تجزیه و تحلیل تمام تجهیزات شناسه های عددی I.D. یک الزام است، اما انجام این کار به شما این امکان را می دهد که کارهای خسته کننده، مصرف کنندهٔ منابع و وقت گیرِ ایجاد مرزهای سیستم و زیرسیستم و رابط ها را حذف کنید. قطعاتی مانند بلبرینگ، شافت یا فنر به عنوان تجهیزاتی با یک شناسهٔ تجهیز در نظر گرفته نمی شوند. قطعات هنگام تعریف دلایل خاص خرابی در سطح تجهیز، اهمیت پیدا می کنند. به فصل های ۴ و ۶ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۶- تجزیه و تحلیل هر کارکرد تجهیز در درخت منطقی COFA

درخت منطقی COFA جایی است که در آن هر یک از کارکردهای تجهیز برای پیامدهای خرابی آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. کارکردها توضیحی برای دلیل نصب تجهیز هستند و حفظ این کارکردها هدف اصلی برنامهٔ نگهداری و تعمیرات است. کارکردها توصیف می کنند که تجهیز باید چه کاری انجام دهد و در درخت منطقی COFA است که این کارکردها برای اثرات خرابی آنها تجزیه و تحلیل می شوند. درخت منطقی COFA مرحله ای از فرآیند است که تجهیزات حیاتی را بر اساس پیامدهای خرابی کارکردی آنها شناسایی می کند. درخت منطقی COFA بیشتر تعیین می کند که آیا خرابی تجهیزات حیاتی منجر به پیامد ایمنی ناخواسته برای پرسنل یا کارخانه می شود یا یک پیامد عملیاتی. فرآیند درخت منطقی COFA همچنین شما را از طریق راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم در صورتی که مشخص شد که تجهیز حیاتی نیست، راهنمایی می کند. به شکل ۵-۲-الف مراجعه کنید.

۱۰-۲-۷- تجزیه و تحلیل هرکارکرد تجهیز در دستورالعمل تجهیزات بالقوه حیاتی

اگر مرحلهٔ اول از درخت منطقی COFA مشخص کرد که کارکردهای یک تجهیز بلافاصله حیاتی نیستند، سپس کارکردها در راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی تحلیل می شوند تا تعیین کنند که آیا یک خرابی در ترکیب با خرابی های چندگانهٔ اضافی، یک رویداد آغازگر اضافی یا زمان می تواند منجر به یک اثر حیاتی بر کارخانه شود، کارکردی یا خیر. اگر می تواند، تجهیز به عنوان یک تجهیز بالقوه حیاتی طبقه بندی می شود. یک تجهیز تعهدآور نیز در این راهنما مشخص شده است. به شکل ۲-۵-ب مراجعه کنید.

۱۰-۲-۸- تجزیه و تحلیل هر کارکرد تجهیز در دستورالعمل تجهیزاتِ از نظر اقتصادی مهم

اگر تجهیز به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی یا تعهدآور تعیین نشده بود، در راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم تحلیل می شود تا تعیین کند که آیا خرابی آن یک جنبهٔ اقتصادی را به دنبال دارد یا خیر. خرابی یک تجهیز اقتصادی، فقط منجر به هزینه های نیروی کار و یا مواد می شود. به شکل ۵-۲-ب رجوع شود.

۱۰-۲-۹- وارد کردن همهٔ داده ها در کاربرگ COFA

تمام داده ها در کاربرگ COFA وارد می شوند. این امر شامل هر شناسهٔ تجهیز، کارکردهای مختلف هر تجهیز، خرابی های کارکردی، خواه نشانهٔ خرابی مشهود باشد یا خیر، و پیامدهای خرابی همانطور که توسط درخت منطقی COFAتعیین شده، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظراقتصادی مهم می شود. به فصل ۵ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۱۰- طبقه بندی هر تجهیز

هر تجهیز به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور، اقتصادی یا کارکرد-تا-خرابی در کاربرگ COFA طبقه بندی می شود.

۱۰-۲-۱۱- تجزیه و تحلیل همهٔ تجهیزات طبقه بندی شده به جز تجهیزات کارکرد-تا-خرابی در درخت منطقی انتخاب فعالیت PM

این مرحله ای است که فعالیت های PM برای آن تجهیز مشخص می شود که مقرر شده در برنامهٔ PM گنجانده شوند- یعنی تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی ، تعهدآور و اقتصادی . فعالیت هایPM مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان یا جستجوی خرابی خواهند بود. فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه زیرمجموعه ای از دستهٔ مبتنی بر شرایط هستند. فعالیت های مبتنی بر شرایط، اولین انتخاب نگهداری و تعمیر پیشگیرانه هستند به جای فعالیت های مزاحم مبتنی بر زمان مانند تعمیرات اساسی، بازرسی های داخلی و تعویض ها. فعالیت های جستجوی خرابی برای تجهیزات بالقوه حیاتی که خرابی آنها پنهان هستند مشخص شده است. به فصل ۶ و شکل ۶-۳ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۱۱- مستندسازی همهٔ فعالیت ها و دوره های تناوب در کاربرگ فعالیت PM

همهٔ فعالیت های PM و دوره های تناوب آنها بر روی کاربرگ فعالیت PM مستندسازی می شوند. سازمان هایی غیر از نگهداری و تعمیرات، مانند عملیات و مهندسی نیز فعالیت های PM را انجام می دهند. نکتهٔ مهم

دیگر این است که ایجاد دوره های تناوب PM که دارای بازه های زمانیِ اجباریِ تعیین شده توسط ناظر نیستند، بیشتر یک هنر است تا علم. به شکل ۶-۵ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۱۳- تجزیه و تحلیل تجهیزات ابزار دقیق در درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق

دو دسته تجهیز ابزار دقیق وجود دارد: تجهیزات ابزار دقیق کارکردی و تجهیزات ابزار دقیقی که فقط برای نشان دادن استفاده می شوند. تجهیزات ابزار دقیقی که یک کارکرد مانند سوئیچ سطح یا سوئیچ فشار ارائه می کنند، در COFA تجزیه و تحلیل می شوند. تجهیزات ابزار دقیقی که فقط یک شاخص فراهم می کنند، در درخت منطقی تجهیزات ابزار دقیق تجزیه و تحلیل می شوند. به فصل ۷ و شکل۷-۱ رجوع شود.

۱۰-۲-۱۴- توسعه برنامۀ پویای RCM خود

به علت اینکه RCM یک تلاش ایستا و یکباره برای ایجاد یک برنامه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیست، باید یک برنامۀ زنده و قابل دوام بماند که به طور مداوم برای تغییرات نظارت می شود.

شما یاد گرفته اید که چگونه یک برنامۀ RCM برتر را بر اساس دانش و آگاهی از اطلاعات، حقایق و داده هایی که در زمان اجرای برنامۀ RCM داشتید، توسعه دهید. این امر به ویژه در مورد دوره های تناوبی که شما برای فعالیت های PM تجویز کرده اید، صادق است. با این حال، همه چیز در معرض تغییر است. این تغییرات می تواند در نتیجۀ حالت های خرابی جدیدی ایجاد شود که آشکار می شوند اما در زمان اجرا وجود نداشتند. شما ممکن است تغییراتی را در روش های نگهداری و تعمیرات تجربه کرده باشید که به اندازۀ کافی سودمند بوده اند تا اجازۀ افزایش دوره های تناوب را فراهم کنند. از سوی دیگر، برخی تغییرات در پارامترهای تجهیزات ممکن است منجر به نیاز به کاهش دوره های تناوب برای حفظ قابلیت اطمینان شوند. تغییرات درکارخانه، تغییرات در تجهیزات، تغییرات در ویژگی های عملیاتی، فن آوری های جدید PdM، که هر روز ظاهر می شوند- همۀ اینها در ایجاد نیاز به بررسی و به روز رسانی دوره ایِ برنامۀ نگهداری و تعمیرات سهیم هستند.

برنامۀ پویای RCM از عناصر زیادی تشکیل می شود. یکی از مهمترین عناصر، بازخورد از صنعتگران است که از تخصص و مشارکت پرسنل/تکنسین های صنعتگر برای ارائه بینشی در مورد فعالیت های PM که ایجاد شده اند، استفاده می کن . برای بررسی دقیق عناصر برنامۀ پویا به فصل ۸ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۱۵- ایجاد معیارهای پایش و روندیابی برنامه

باید یک استراتژی وجود داشته باشد که معیارهای عملکرد کلی را نظارت و اندازه گیری کند تا بتوانید در مورد ارزیابی کمیِ قابلیت اطمینان کارخانه خود پیش اقدام باشید. یک فلسفۀ کلی به شما امکان اندازه گیری عمیق ترِ عملکرد بنیادین واقعی خود را می دهد. همچنین به شما این امکان را می دهد که هنگامی که برنامۀ شما

اجرا می شود، تصمیمات سریع تری بگیرید، به جای آنکه مجبور باشید تا زمانی که برنامهٔ خود را کامل کرده اید صبر کنید و سپس در صورت نیاز به صورت واکنشی برای انجام هر گونه اصلاح مسیراصلی پاسخ دهید.

شما باید یک استاندارد اندازه گیری بر اساس نرخ زمان داشته باشید که توسط آن عملکرد خود را اندازه گیری کنید. معیارهای خام مانند شمارش تعداد دفعاتی که تأسیسات شما یک تریپ ناخواسته را متحمل می شود، یک معیار است اما تنها مورد نیست. معیارها در فصل ۹ تا حد امکان عینی هستند و به راحتی قابل دستیابی هستند و آنها شامل تمام عوامل مرتبطی هستند که به شما یک تصویر واقعی از چگونگی عملکرد شما ارائه می کنند.

هر معیار دارای یک ضریب وزنی برای متمایز کردن اهمیت نسبی خود است. حتی اگر ضرائب وزنی خودسرانه ایجاد شده باشند، تا زمانی که ثابت بمانند، اندازه گیری اهمیت نسبی آنها تغییر نمی کند. برای بررسی دقیق یک مدل برای یک برنامهٔ نظارت و روندیابی به فصل ۹ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۱۶- ایجاد نرخ عملکرد مورد انتظار خود

به عنوان بخشی از برنامهٔ نظارت و روندیابی، باید انتظارات خود را مشخص کنید و این کار توسط تعیین نرخ عملکرد مورد انتظار شما (EPR)، براساس تعداد مورد انتظار وقوع در واحد زمان برای هر معیار منحصربه فرد محقق می شود. یک واحد اسمیِ زمان در هر ۱۰۰۰ واحد ساعت عملیاتی است که به صورت فصلی محاسبه می شود. به فصل ۹ رجوع کنید.

۱۰-۲-۱۷- ایجاد نرخ عملکرد واقعی خود

دومین معیار در برنامهٔ نظارت و روندیابی شما، نرخ عملکرد واقعی (APR) است. این معیار، عملکرد شما را بر اساس تعداد واقعی وقوع هر معیار می سنجد. به فصل ۹ مراجعه کنید.

۱۰-۲-۱۸- ایجاد نمودارهای روند خود

نتایج حاصل از محاسبات نرخ عملکرد مورد انتظار و نرخ عملکرد واقعی به صورت نمودار رسم می شود تا روند مثبت یا بدتر شدن نشان داده شود. این نمودارها برای ارائهٔ یک عکس فوری از مجموع تمام معیارها به مدیریت ارشد بسیار مفید هستند. این نمودارها وسیله ای سریع است که یک نگاه بسیار ادراکی و شهودی به پنجرهٔ قابلیت اطمینان تأسیسات شما ارائه می دهد.

۱۰-۲-۱۹- حفظ هشیاری مستمر نسبت به برنامهٔ خود

در مقطعی از زمان، PM ها و CM های شما وضعیت تعادل پیدا می کنند. این موضوع در شکل ۹-۷ به عنوان حالت بهینه نشان داده شده است. بهینه سازی بی رویهٔ یک برنامه قابلیت اطمینان برتر، بی شباهت به اضافه کردن یک پیمانه نمک یا شکر اضافی به یک دستور آشپزی ثابت شده نیست. این کار می تواند کاملاً تعادل آن دستور غذا را به هم بزند و آن را از لذت یک فرد خبره تا چیزی غیر قابل خوردن تغییر دهد.

متأسفانه، احساس خودپسندی در مورد یک مجری خوب بودن، اغلب جلسات مدیریت ارشد را فرا می گیرد. این نقطه ای است که آنها معتقدند به نیروانای قابلیت اطمینان دست یافته اند و اجازه پسرفت به تأسیسات خود می دهند زیرا آنها مراقب برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ خود نیستند. در تجربه من، این یک اتفاق بسیار رایج است و قطعاً باید از آن اجتناب کرد.

قابلیت اطمینان کارخانه، در نظر گرفته شده که در وضعیت هدایت خودکار قرارداده شود. این امر نیاز به توجه و مشارکت مداوم دارد. عدم وجود پیامدهای ناخواستهٔ کارخانه برای یک کارخانهٔ بالغ به این معنی است که کسی کاری را درست انجام داده است. معمولاً در این زمان های اوج عملکردی است که مدیریت تلاش می کند روند را تغییر دهد و شروع می کند به آزمایش برای کاهش بیشتر هزینه ها با حذف آنچه که تصور می کند منابع اضافی است زیرا کارخانه بسیار خوب کار می کند. این مسیر به فراموشیِ قابلیت اطمینان، بیشتر در زمانی که یک تیم مدیریتی جدید می رسد، ظاهر می شود و اولین دستورکار[1]آنها بهبود درآمد است.

زمانی که شما در نهایت به عملکرد قابل اطمینانی برای کارخانهٔ خود دست یافتید، برنامهٔ نگهداری و تعمیرات می تواند به یک فرصت هدفدار برای افراد جزئی نگرِ شرکت برای شروع کاهش هزینه ها تبدیل شود. این یک اشتباه بزرگ خواهد بود، اما این اشتباهی است که متأسفانه با نظم بیش از حد رخ می دهد.

با شکل ۹-۷ و فصل های ۸ و ۹ آشنا شوید. پیوسته درگیر باشید و مراقب برنامهٔ RCM خود باشید!

۱۰-۳- فرماندهی کشتی خود را در دست بگیرید

من صمیمانه امیدوارم که «*پیاده سازی ساده RCM به زبان ساده*»، یک تجربهٔ روشنگر برای شما بوده باشد و شما را در مسیر موفقیت به سوی ایجاد یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ برتر مبتنی بر RCM قرار دهد. این کتاب باید به شما کمک کرده باشد که متوجه شوید که اجرای یک برنامهٔ RCM کلاسیک نیازی به کمک پرهزینهٔ مشاوران ندارد. نیازی به آموزش خاص یا مداخلهٔ تسهیل کننده ندارد. نیازی به ایجاد مرزهای سیستم و رابط ها ندارد. حتی نیاز به مدرک مهندسی ندارد.

در طول این سفر، من سعی کردم تمام سردرگمی ها، ابهامات و پیچیدگی ها را از فرآیندی که نباید گیج کننده، مبهم یا پیچیده باشد، بردارم. هدف من این است که این کتاب به عنوان تأثیری در تنظیم یک استاندارد

[1] order of business

جهانی جدید استفاده شود، برای هر صنعتی که مایل به بهبود قابلیت اطمینان کارخانهٔ خود با توسعهٔ یک برنامه RCM است.

RCM نباید به صورت یک راز باقی بماند، به طوری که فقط شرکت های بزرگ با پول های هنگفت برای صرف مشاوران از این فرآیند ارزشمند بهره مند باشند. راه های زیادی برای رسیدن به بهبود قابلیت اطمینان وجود دارد، اما تاکنون ثابت نشده است که هیچ فرآیند دیگری برای ایجاد بهترین برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانهٔ قابل دستیابی به اندازهٔ روش RCM مؤثر بوده باشد.

شما اکنون باید ابزارهایی برای اجرای برنامهٔ خود داشته باشید و مانند ناخدای یک کشتی، کنترل کامل را بر تصمیمات و مسیری که می خواهید طی کنید، در دست داشته باشید. من خوشحالم که شما را به سمت اسکله هدایت می کنم، به شما در آماده شدن برای به دست گرفتنِ سکان هدایت کمک می کنم و شما را قادر می سازم تا به سمت مقصدی موفقیت آمیز حرکت کنید که درآن فرماندهی کامل کشتیِ خود را دارید!

نیل بی بلوم

واژه نامه

من توسط همکارانم تشویق شده ام که یک واژه نامۀ RCM جامع تهیه کنم که بیشتر از تعاریف عبارات کوتاه معمول که در اکثر کتاب ها و مراجع پیدا می شود، مرتبط با RCM است که در بسیاری از موارد برای توضیح یا توصیف یک اصطلاح RCM کافی نیستند. من اغلب از مثال ها به عنوان بخشی از تعریف استفاده می کنم تا به صورت واضح تر یک اصطلاح را توضیح دهد.

کارکرد تا خرابی (RTF) یک مثال معمولی است که در آن تعاریف ساده موجود پیدا شده در اکثر کتاب های RCM آنقدر سطحی هستند که معنی واقعی RTF را توضیح نمی دهند. تعریفی از RTF مانند اینکه «تجهیز مجاز است بدون نیاز به PM خراب شود» کاملاً ناکافی است.

علاوه بر این، تعاریفی که من استفاده می کنم، آنهایی هستند که برای فرآیند RCM قابل کاربرد هستند. بدیهی است که فرهنگ لغت وبستر تعاریف بسیار دیگری را برای کلمات مشابه ارائه می دهد، اما تعاریف خاص تر که مربوط به فرآیند RCM نیستند، در نظر گرفته نمی شوند.

APPLICABLE AND EFFECTIVE (قابل اجرا و مؤثر) : این اصطلاح برای هر فعالیت PM صدق می کند. برای اینکه فعالیت پیشنهادی «قابل اجرا و مؤثر» باشد، باید برای رسیدگی به مکانیزم خرابی مربوطه مناسب باشد. بر اساس یک اصل قضاوت محتاطانه توسط افراد آگاه، فعالیت باید مرتبط باشد و این احتمال وجود داشته باشد که از مکانیزم خرابی جلوگیری کند. فعالیت «قابل اجرا و مؤثر» باید درجه ای از اطمینان ارائه دهد از اینکه یا از خرابی جلوگیری می کند یا دست کم قرار گرفتن در معرض خرابی را به حداقل می رساند یا اگر یک فعایت جستجوی خرابی است، قرار گرفتن در معرض یک اثر کارخانه را به حداقل می رساند.

ASSET RELIABILITY CRITERIA : اولین گام در پیاده سازی برنامۀ RCM، تعریف دقیق، درست و کاملِ معیارهای قابلیت اطمینان دارایی است که مدیریت ارشد می خواهد حفظ کند. برای تعریف این معیارها، موضوعات زیر در نظر گرفته می شود: تضمین ایمنی پرسنل و کارخانه؛ جلوگیری از هر گونه تأخیر تولید برنامه ریزی نشده، تعطیلی برنامه ریزی نشده تأسیسات، کاهش برق، وقفه های تولید، یا از دست دادن ظرفیت ساخت یا تولید؛ جلوگیری از هرگونه مسائل نظارتی یا زیست محیطی ناخواسته از آوردن تبلیغات یا دعوی قضایی ناخواسته و غیره. اکیداً توصیه می شود که یک یادداشت تفاهم داخلی رسمی توسط همه افراد اجرایی مسؤول جهت توافق در مورد معیارهای قابلیت اطمینان دارایی انتخابی امضا شود. معیارهای قابلیت اطمینان دارایی شما اساساً شناسایی تمام پیامدهای ناخواسته خرابی است که ممکن است برای تأسیسات شما رخ دهد و باید از آن جلوگیری کرد.

BACKUP COMPONENTS : به STANDBY COMPONENTS مراجعه کنید.

BACKUP FUNCTIONS : به STANDBY FUNCTIONS مراجعه کنید.

BOUNDARIES : برنامه های RCM کلاسیک معمولی نیاز به ایجاد مرزهای سیستم دارند. مرزها چند صد تجهیز خاص را شامل می شوند که باید هنگام اجرای تجزیه و تحلیل در سطح سیستم شناسایی شوند. شناسایی کارکردها در سطح سیستم مستلزم آن است که هر سیستم به طور خاص تعریف شود تا حد و مرز پایان یک سیستم و آغاز سیستم دیگری تعیین شود. سیستم باید بیشتر کالبد شکافی شود تا زیرسیستم ها را در بر گیرد. یک تجهیز مجزا می تواند فقط در یک زیرسیستم از یک سیستم قرار بگیرد. تعریف این مرزها کاملاً اختیاری و بسیار وقت گیر است. «پیاده سازی RCM به زبان ساده» نیازی به ایجاد مرزهای سیستم ندارد.

CANON LAW FOR RUN-TO-FAILURE: یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی صرفاً به دلیل این که مشخص است هیچ گونه پیامد ایمنی، عملیاتی، تعهدآور یا اقتصادی در نتیجهٔ یک خرابی واحد ندارد، به این عنوان نامیده می شود. همچنین وقوع خرابی باید برای پرسنل عملیات آشکار باشد. در نتیجه، هیچ استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ای برای جلوگیری از خرابی وجود ندارد. با این حال، پس از خرابی، یک تجهیز تحت عنوان RTF، یک استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحیِ پیش اقدام متناسب با تمام تجهیزات دیگر بر اساس شرایط کارخانه در آن زمان دارد.

CAUSES OF FAILURE : به CREDIBLE FAILURE CAUSES مراجعه کنید.

CLASSICAL RCM : این اصطلاح به تنها شکل واقعی تأیید شدهٔ RCM اشاره دارد، همانطور که پیشگامان آن در صنعت هوانوردی تجاری در نظر گرفته بودند. متأسفانه در انتقال آن از خطوط هوایی به سایر صنایع، RCM کلاسیک بارهای اجرایی غیر ضروری و یک فرآیند تجزیه و تحلیل و پیاده سازی دست و پا گیرِ خود خواسته را به عهده گرفت. این موانع محدود کنندهٔ خودخواسته برای تکمیل موفقیت آمیز یک برنامهٔ RCM، منجر به نسخه های پرخطر و ساده از فرآیند شده است که RCM کلاسیک در نظر گرفته نمی شوند.
نسخه های ساده ویژگی الزامات SAE برای یک برنامهٔ RCM را که در سند JA۱۰۱۱ از SAE توضیح داده شده است، برآورده نمی کنند. هدف از پیاده سازی ساده RCM این است که RCM کلاسیک را به ریشه های ساده تر و قابل درک تر خود بازگرداند تا بتوان آن را با موفقیت اجرا کرد.

COFA : یک اصطلاح کاملاً جدید است که مخففِ تجزیه و تحلیل پیامد خرابی است. این فرمت، دقیق تر، استفاده از آن ساده تر و درک آن واضح تر از FMEA رایج (تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی) است. FMEA پیامد خرابی را تعیین می کند، اما این کار را با ایجاد نیاز به مشخص کردن کارکردها در سطح سیستم

و زیر سیستم انجام می دهد. کارکردهای سیستم و زیر سیستم به نوبهٔ خود نیاز به ایجاد مرزها و رابط ها دارد. COFA کارکردها را در سطح تجهیز مشخص می کند. مرزها و رابط ها مورد نیاز نیستند. هدف اصلی RCM تعریف پیامد خرابی است. COFA این کار را به طور مستقیم و با دقت بیشتری نسبت به FMEA موجود انجام می دهد.

COFA LOGIC TREE: درخت منطقی COFA یک فرآیند منطقی پیچیده را طی می کند و آن را به عناصر اصلی خود ساده می کند و در عین حال تمامیت، دقت و وضوح مفهومی آن را افزایش می دهد. این کار، کل منطق را برای شناسایی تجهیزات حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی ادغام می کند. ECONOMICALLY SIGNIFICANT GUIDELINE و CRITICAL GUIDELINE POTENTIALLY را نیز ببینید.

COFA WORKSHEET: کاربرگ COFA قالبی است که در آن همهٔ تجزیه و تحلیل مربوطه به عنوان تصمیماتی که از درخت منطقی COFA، راهنمای تجهیزات بالقوه حیاتی و راهنمای تجهیزات از نظر اقتصادی مهم گرفته شده است، مستندسازی شده است.

COMMITMENT COMPONENTS: تجهیزات تعهدآور عبارتند از تجهیزاتی که دارای تعهدات خاصِ نظارتی، زیست محیطی، OSHA، بیمه یا سایر تعهداتی هستند که باید حفظ شوند. در نتیجه مستلزم یک استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از خرابی یک تجهیز و از دست رفتن یا نقض یک تعهد است. چند نمونه معمولی از تعهدات حاکم بر تجهیزات خاص عبارتند از تعهدات بیمه ای مورد نیاز برای قطعات اصلی تجهیزات، تعهدات کد دولتی مورد نیاز برای مخازن فشار، تعهدات EPA مربوط به اثرات زیست محیطی یا انتشار مایع یا گاز، تعهدات OSHA مورد نیاز برای ایمنی پرسنل و تعهدات آژانس نظارتی فدرال مانند اطلاعیه ها و بولتن های اطلاعاتی FAA یاNRC . معمولاً، یک تجهیز تعهدآور همچنین مرتبط با تجهیزی است که به دلیل اهمیت آن به عنوان حیاتی یا بالقوه حیاتی طبقه بندی می شود.

COMMON MODE FAILURES: حالت های خرابی رایج، خرابی‌های گروهی از تجهیزات هستند که همگی در معرض حالت خرابی یکسانی هستند. اقداماتی وجود دارد که می توان برای به حداقل رساندن قرار گرفتن در معرض این اتفاق انجام داد. این امری عاقلانه خواهد بود که یک برنامهٔ نمونه گیری را اجرا کنیم که به طور دوره ای یک یا دو مورد از تجهیزات گروه را بازرسی می کند تا اطمینان حاصل شود که همه چیز قبل از ایجاد هر گونه مشکل حالت رایج خوب است و زمان بسیار کمی برای واکنش مناسب و کارآمد با یک سری اقدام برنامه ریزی شده می دهد. یک برنامهٔ نمونه برداری که یک بازرسی عمیق داخلی از تجهیزات نمونه انجام

می دهد، می تواند یک پیش آگهیِ بسیار دقیق از الگوهای سایش، عیوب داخلی یا سایر مکانیزم های خرابی به دست دهد که ممکن است با تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیش بینانه تنها قابل مشاهده نباشند.

COMPANION EQUIPMENT (تجهیزاتِ همراه): تجهیزات همراه، همان تجهیزات مرتبط با یک تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی هستند. تجهیزِ همراه می تواند یک شیر بازرسی ورودی یا تخلیه باشد، یا تجهیزی که یک سیگنال ورودی را ارائه می دهد یا تجهیزی که یکی از کارکردهای تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی پشتیبانی می کند. این تجهیزات همراه، باید قبلاً خودشان به طور مستقل به عنوان تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی تجزیه و تحلیل شده باشند. با این حال، زمانی که به عنوان تجهیزات همراه در نظر گرفته می شوند، احتمالش بیشتر است که سهواً نادیده گرفته نشوند. از آنجایی که تمامی تجهیزات به هرحال تجزیه و تحلیل خواهند شد، اطمینان از این که تجهیزات مرتبط با یک تجهیز حیاتی یا بالقوه حیاتی نیز به درستی تجزیه و تحلیل می شوند، بررسی خوبی است.

COMPONENT : اصطلاحات *equipment* و *component* در این کتاب مترادف هستند. این سطحی است که در آن به یک تجهیز واحد شناسهٔ عددی I.D. اختصاص داده می شود. این سطح شامل قطعات تجهیزات مکانیکی مانند یاتاقان ها، شفت ها، آب بندها یا قطعات تجهیزات الکتریکی مانند مقاومت ها، خازن ها یا دیودها نمی شود. این قطعات، هنگام تجزیه و تحلیل علل خرابی تجهیزات گنجانده می شوند.

COMPONENT CLASSIFICATIONS (طبقه بندی تجهیزات): تجهیزاتی که به عنوان بخشی از برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه موجود شناخته شده اند، تحت یکی از طبقه بندی های زیر قرار می گیرند: حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور، یا اقتصادی.

ECONOMIC ،COMMITMENT COMPONENTS ،CRITICAL COMPONENTS

POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS،COMPONENTS را ببینید.

COMPONENT FAILURE (خرابی تجهیز): خرابی یک تجهیز زمانی رخ می دهد که تجهیز دیگر کارکرد طراحی یا کارکرد مورد نظر خود را ارائه نمی دهد. توجه داشته باشید که خرابی را می توان با تعیین یک الزام نظارتی تعریف کرد که باید شرایط عملیاتی طراحی خاصی را برآورده کند. در غیاب یک الزام نظارتی یا عملیاتی خاص، خرابی یک تجهیز برای ارائه کارکرد مورد نظر خود توسط مالک کارخانه تعریف می شود. مالک تعیین می کند که چقدر انحراف از عملکرد در حد نوی آن قابل قبول است. به FUNCTIONS مراجعه کنید.

CONDITION-DIRECTED TASK (فعالیت مبتنی بر شرایط): این یکی از سه دستهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. فعالیت های مبتنی بر شرایط معمولاً شامل فعالیت هایی است که وضعیت یک تجهیز را اندازه

گیری، نظارت یا تجزیه و تحلیل می کند، برای تعیین اینکه آیا عملکرد قابل قبولی دارد یا در شُرُف خرابی است. یک فعالیت مبتنی بر شرایط، به منزلهٔ وضعیت کارکرد- تا-خرابی نیست.
نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط به این معنی است که «تجهیز را تعمیر یا تعویض نکنید تا زمانی که وضعیت آن نشان دهندهٔ نیاز به تعمیر اساسی یا تعویض باشد». تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیش بینانه برای تعیین وضعیت تجهیزات استفاده می شود به گونه ای که بتوان تعمیرات اساسی یا تعویض مورد نیاز را برای جلوگیری از وقوع یک خرابی کارکردی برنامه ریزی کرد. به FAILURE-FINDING TASK ، TIME-DIRECTED TASK مراجعه کنید.

CONDITION MONITORING (پایش وضعیت): این اصطلاح دیگری برای نگهداری و تعمیرات پیش بینانه است. به PREDICTIVE MAINTENANCE TASKS مراجعه کنید.

CONSEQUENCE OF FAILURE (پیامد خرابی): پیامد خرابی زمانی اتفاق می افتد که یک تجهیز از کار بیفتد . یا این خرابی بر ایمنی پرسنل یا کارخانه تأثیر می گذارد؟ آیا بر عملکرد تأسیسات تأثیر می گذارد؟ آیا منجر به هزینه های قابل توجه مواد خواهد شد؟ پیامد خرابی همان چیزی است که فرآیند RCM دربارهٔ آن است . هر کاری که در RCM انجام می دهید و هر بخشی از این تجزیه و تحلیل برای به دست آوردن پاسخ به تنها یک سؤال هدایت می شود: پیامد خرابی چیست ؟ درخت منطقی COFA و کاربرگ COFA شما را از طریق این فرآیند راهنمایی می کند تا پیامد خرابی را برای هر کارکرد تجهیز مشخص کنید.
هنگامی که پیامد خرابی مشخص شد، یک تجهیز را به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور، اقتصادی یا کارکرد-تا-خرابی تعریف می کند. استراتژی بعدی این است که بفهمیم چگونه می توان با استفاده از یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تجویزی که شامل مجموعهٔ وسیعی از وظایف PM است که از هر کدام انتخاب می کنیم، از آن پیامد خرابی ناخواسته جلوگیری کرد. COFA و COFA LOGIC TREE را ببینید.

CONVENTIONS (قراردادها): قراردادها شرحی مشترک و سازگار از اصطلاحات خاص ارائه می دهند. آنها برای توصیف دسته ها و انواع مختلف فعالیت های PM استفاده می شوند . آنها همچنین برای توصیف انواع حالت های خرابی متفاوت استفاده می شوند. قراردادها هر چیزی هستند که شما تعیین می کنید که باشند.
قراردادهای معمولی برای توصیف دسته های فعالیت های PM عبارتند از مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان ، و جستجوی خرابی(به CONDITION-DIRECTED TASK، FAILURE- FINDING TASK و-TIME DIRECTED TASK مراجعه کنید) . نگهداری و تعمیرات پیشگویانه (به PREDICTIVE MAINTENANCE TASKSمراجعه کنید) قراردادی است که برای توصیف فعالیت های نوع پیشگویانهٔ غیرتهاجمی استفاده می شود مانند پایش ارتعاش، ترموگرافی یا آنالیز روغن .
برای جلوگیری از سردرگمی، قراردادهایی برای برخی از حالت های خرابی رایج در اینجا ارائه شده است:

ACTUATES INADVERTENTLY (ناخواسته فعال می شود): این اصطلاح توصیف می کند که تجهیز هنگامی که سیگنال یا شرایط مناسب وجود ندارد، فعال می شود.

ACTUATES PREMATURELY (پیش از موعد فعال می شود) : این اصطلاح توصیف می کند که تجهیز از تنظیم خارج شده است یا می چسبد یا خرابی دیگری دارد که باعث می شود تجهیز وضعیت مناسب را نشان دهد در حالی که آن شرایط هنوز وجود ندارد.

FAILS CLOSED : این اصطلاح سه شرط را در بر می گیرد: (۱) تجهیز خراب می شود هنگامی که بسته است، (۲) تجهیز نمی تواند باز بماند و (۳) تجهیز باز نمی شود.

FAILS OPEN : این اصطلاح سه شرط را در بر می گیرد: (۱) تجهیز خراب می شود هنگامی که باز است، (۲) تجهیز نمی تواند بسته بماند و (۳) تجهیز بسته نمی شود.

FAILS TO ACTUATE (فعال نمی شود): این اصطلاح برای نشان دادن این وضعیت استفاده می شود که تجهیز هنگامی که سیگنال مناسب دریافت می کند، عمل نمی کند.

FAILS TO FILTER : این اصطلاح خرابی یک فیلتر یا صافی را توصیف می کند که اجازه می دهد جریان فرعی وجود داشته باشد یا دارای سوراخ، پارگی یا آسیب های دیگر باشد که از اثر فیلترینگ مورد نظر جلوگیری می کند.

FAILS TO POSITION : این خرابی نشان می دهد که وقتی یک سیگنال دریافت می شود، موقعیت تجهیز تغییر نخواهد کرد.

RESTRICTS FLOW : این اصطلاح شرایطی را توصیف می کند که یک فیلتر یا یک صافی به طور جزئی یا کامل مسدود می شود و اجازه نمی دهد جریان مورد نیاز عبور کند.

CORNERSTONES OF RCM : سه سنگ بنای RCM عبارتند از (۱) بدانید چه زمانی تجزیه و تحلیل تک-خرابی قابل قبول است و چه زمانی قابل قبول نیست (۲) بدانید چگونه خرابی های پنهان را شناسایی کنید و (۳) بدانید چه زمانی یک تجزیه و تحلیل چند-خرابی مورد نیاز است.

CORRECTIVE MAINTENANCE : نگهداری و تعمیرات اصلاحی یک استراتژی برای تعمیر تجهیزات پس از خرابی آنها است . یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیش اقدامِ جامع شامل نگهداری و تعمیرات اصلاحی علاوه بر نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از استراتژی آن است . این دو موجودیت به طور یکپارچه برای جلوگیری از یک پیامد خرابی در سطح کارخانه انجام می شوند.

CRAFT FEEDBACK : این یکی از مهمترین عناصر یک برنامهٔ پویا است. این عنصر بازخوردی مستقیم از پرسنل استادکار انجام دهندهٔ فعالیت های PM که ایجاد شده است، ارائه می دهد. عنصر بازخورد استادکاری اجازه می دهد تا نظر کارشناسی و بهترین قضاوتِ پرسنل استادکار یا تکنسین، مناسب بودن فعالیت PM را

تعیین کند. این امر، محدودهٔ کاری فعالیت و تناوب فعالیت را شامل می شود و اینکه آیا توصیه ای برای اصلاح یا تنظیم دیگری برای فعالیت وجود دارد یا خیر.

CREDIBLE FAILURE CAUSES : علل خرابی معتبر آن علل خرابی تجهیزات هستند که به احتمال زیاد رخ می دهند و نباید فهرستی از همه علل نظری یا فرضی که در عمل ممکن است هرگز رخ ندهند، را شامل شود. تجربهٔ مناسب در ترکیب با قضاوت معقول از سوی افراد آگاه یک معیار ضروری در تعیین علل خرابی معتبر است.
علل خرابی عبارتند از خرابی قطعات، به عنوان مثال خرابی بلبرینگ، خرابی آب بندی، خرابی سیم پیچ موتور، خرابی سوئیچ محدود کننده (لیمیت سوئیچ)، خرابی دنده و خرابی شفت.

CRITICAL COMPONENTS : تجهیزات حیاتی آن تجهیزاتی هستند که وقوع خرابی برای آنها آشکار است و خرابی بلافاصله منجر به پیامدهای ناخواستهٔکارخانه می شود . تجهیزات حیاتی، در بالای سلسله مراتب طبقه بندی تجهیزات RCM قرار دارند، که برای جلوگیری ازخرابی اولویت اصلی را دارند زیرا نتیجهٔ خرابی آنها فوری است. POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS را ببینید.

DEMAND MODE OF OPERATION: تجهیزاتی که در حالت عادی کار نمی کنند و عمدتاً در سیستم های ایمنی آماده به کار و کارکردهای پشتیبان استفاده می شوند، در حالت تقاضای عملکرد خود به گونه ای تحلیل می شوند که انگار برای فعالیت فراخوانده شده اند. کارکرد تجهیز به طور معمول غیر فعال یا «بدون استفاده» است، در حالی که سیستم در حال کار است و تنها زمانی فعال می شود که یک رویداد یا سیگنالی رخ دهد که تقاضا برای فعالسازی کارکرد تجهیز را تحریک کند.

DISASTERS : بلایا می توانند ناشی از اَعمال طبیعت، خطای انسانی یا خرابی تجهیزات باشد. بلایای طبیعی مانند طوفان، زمین لرزه ها، سونامی ها، گردبادها و رانش زمین به خودی خود برای رام شدن توسط مداخلهٔ انسان مناسب نیستند. بنابراین، در اکثر موارد اجتناب ناپذیر هستند. ممکن است سیستم های هشداردهنده مانند شناورهای هشدار سونامی در حاشیهٔ اقیانوس آرام وجود داشته باشند یا استانداردهای ساخت و ساز که ممکن است به جلوگیری از کمانش سازه ها در هنگام زلزله کمک کند، اما خود رویداد اجتناب ناپذیر است. از سوی دیگر، خطای انسانی مانند خطای خلبان، خطای قضاوت یا خطای اپراتور آزادی عملی را برای اجتناب از پتانسیل ایجاد فاجعه ارائه می دهد.
بلایایی که معمولاً در کارخانه ها، سایت ها یا سایر تأسیسات رخ می دهند، منشأ خود را در خرابی تجهیزات دارند. این نوع از خرابی ها احتمالاً بالاترین آزادی عمل را برای اجتناب از پتانسیل شان در ایجاد یک فاجعه ارائه می دهند. هیچ چیز هرگز ۱۰۰ درصد قابل اعتماد نیست، خواه یک هواپیما باشد یا یک شاتل فضایی یا یک نیروگاه هسته ای. با این حال، بلایای ناشی از خرابی تجهیزات این قابلیت را دارند که مهار شوند تا حدی

که امکان نزدیکترین تقریب به ۱۰۰ درصد آستانهٔ قابلیت اطمینان را فراهم کنند. این را نمی توان برای بلایای طبیعی یا آنهایی که توسط انسان ایجاد شده است، بیان کرد.

DOMINANT FAILURE MODE (حالت خرابی غالب): برای هر خرابی کارکردی یک حالت خرابی وجود دارد. حالت های خرابی غالب آن حالت های خرابی هستند که به احتمال زیاد رخ می دهند. به عنوان مثال، یک حالت خرابی یک شیر یا سوئیچ به این صورت است که شیر «بسته نمی شود» یا سوئیچ «فعال نمی شود». توجه داشته باشید که حالت های خرابی غالب با علل خرابی یکسان نیستند. به عنوان مثال، شیر ممکن است به دلیل سایش پین لولا بسته نشود. سایش پین لولا علت حالت خرابی غالب است.

ECONOMICALLY SIGNIFICANT GUIDELINE : تجهیزاتی که به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی یا تعهدآور طبقه بندی نمی شوند، می توانند از نظر اقتصادی مهم باشند. «دستورالعمل تجهیزات از نظر اقتصادی مهم» بر فرایند تصمیم گیری برای تجهیزاتی که به عنوان تجهیزات اقتصادی مهم طبقه بندی می شوند، حاکم است.

ECONOMIC COMPONENTS (تجهیزات اقتصادی): تجهیزات از نظر اقتصادی مهم، آن تجهیزاتی هستند که خرابی آنها فقط منجر به یک پیامد اقتصادی می شود. پیامد خرابی فقط به هزینه های کار و یا مواد منجر می شود. هیچ مسألهٔ ایمنی یا عملیاتی با خرابی یک تجهیز اقتصادی وجود ندارد. اگر خرابی یک تجهیز پر هزینه نیز منجر به یک مسألهٔ ایمنی یا عملیاتی شود، تجهیز به طور پیش فرض به بالاترین طبقه می رسد که می تواند حیاتی، بالقوه حیاتی یا تعهدآور باشد. به EQUIPMENT COMPONENT مراجعه کنید.

EVIDENT FAILURE (خرابی آشکار): در مجموعهٔ اصطلاحات RCM، یک خرابی آشکار به توانایی کارکنان عملیات در حین انجام وظایف معمول خود برای مشاهدهٔ اینکه یک خرابی رخ داده است، اشاره دارد. یا خرابی خود تجهیز آشکار است یا پیامد خرابی برای کارکنان عملیات در حین انجام وظایف معمول خود آشکار است. به EVIDENT INDICATION مراجعه کنید .

EVIDENT INDICATION (نشانهٔ آشکار): این نشانه ای از خرابی تجهیزی خاص است، یا نشانه ای از پیامدهای خرابی مرتبط مربوط به تجهیز است که آشکار می شود. نشانهٔ خرابی باید برای اپراتورها در اتاق کنترل، در ایستگاه های کنترل کمکی یا در طول گشتزنی های رسمی و رویه ای اپراتور آشکار باشد.

FACILITY : در این کتاب facility وplant مترادف هستند. این واژه ها نهادهایی هستند که باید برای آنها یک برنامهٔ قابلیت اطمینان داشته باشید. تأسیسات یا کارخانه می تواند هر موجودیتی باشد-یک کشتی تفریحی، شاتل فضایی، یک سکوی حفاری نفت در خارج از ساحل، یک تأسیسات ساخت یا تولید، یک هواپیما،

یک نیروگاه برق، شبکهٔ برق، تصفیه خانهٔ آب، بیمارستان، پالایشگاه، خط مونتاژ، یک کارخانهٔ کاغذ یا هر موجودیت پیچیدهٔ دیگری که به یک برنامهٔ قابلیت اطمینان نیاز دارد. به FAILURE COMPONENT مراجعه کنید.

FAILURE CAUSE (علت خرابی): علل خرابی مربوط به قطعات تجهیز است. به عنوان مثال، یاتاقان ها می توانند دلیلی برای خرابی یک پمپ یا موتور باشد، دیسک پروانه ای می تواند دلیل خرابی یک شیر باشد، دیافراگم داخلی می تواند دلیلی برای خرابی یک شیر با عملگر پنوماتیکی باشد و غیره. استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه طراحی شده است تا با مشخص کردن فعالیت های PM که علل آن خرابی های کارکردی را در تلاش برای جلوگیری از وقوع آنها هدف قرار می دهند، از خرابی های کارکردی جلوگیری کند. به CREDIBLE FAILURE CAUSES مراجعه کنید.

FAILURE EFFECT : به CONSEQUENCE OF FAILURE مراجعه کنید.

FAILURE-FINDING TASK (فعالیت جستجوی خرابی): این نوع فعالیت یکی از سه دستهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. فعالیت های جستجوی خرابی زمانی مشخص می شوند که یک فعالیت مبتنی بر شرایط یا مبتنی بر زمان قابل اجرا نیست. یک فعالیت جستجوی خرابی از خرابی در سطح قطعه جلوگیری نمی کند. در عوض، یک فعالیت جستجوی خرابی بخشی از استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است که مشخص می کند یک خرابی پنهان رخ داده است. با این کار، فعالیت جستجوی خرابی می تواند یک پیامد ناخواسته در سطح کارخانه را دفع کند، قبل از اینکه یک خرابی اضافی یا یک رویداد آغازگر در ترکیب با خرابی پنهان رخ بدهد. به CONDITION-DIRECTED TASK و TIME-DIRECTED TASK مراجعه کنید.

FAILURE MODE : به DOMINANT FAILURE MODE مراجعه کنید.

FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS =FMEA (تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی): این یک ماتریس منطقی استاندارد برای RCM کلاسیک است که نیاز دارد کارکردها در سطح سیستم و زیر سیستم تعریف شوند. این امر منجر به نیاز به ایجاد مرزها و رابط های سیستم می شود.در «پیاده سازی RCM به زبان ساده»، FMEA با تجزیه و تحلیل پیامد خرابی(COFA) جایگزین می شود. به COFA و COFA LOGIC TREE مراجعه کنید.

(FAILURE MODES AND EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS) FMECA : مشابه FMEA است، با این تفاوت که شامل شناسایی علل خرابی همزمان با تجزیه و تحلیل کارکردها و اثرات خرابی نیز می شود. در «پیاده سازی RCM به زبان ساده»، علل خرابی به صورت جداگانه در درخت منطقی فعالیت PM و

کاربرگ PM تجزیه و تحلیل می شود. این کار، اثر بخشی بیشتری در فرایند انتخاب انواع مختلف فعالیت های PM فراهم می کند زیرا فعالیت های PM را می توان بر اساس نوع تجهیز گروه بندی کرد. به درخت منطقی انتخاب فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM TASK SELECTION LOGIC TREE) و کاربرگ فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM TASK WORKSHEET) مراجعه کنید.

FREQUENCY: فرکانس، مشخصهٔ مبنای زمانی مورد استفاده برای تعیین دورهٔ تناوب است. فرکانس به طور معمول برحسب مبنای زمانی زیر شرح داده می شود: ساعت، روز، هفته، ماه و سال. فرکانس به همراه بازه استفاده می شود تا یک دورهٔ تناوب را تعریف کند. به INTERVAL و PERIODICITY مراجعه کنید.

FUNCTIONAL FAILURES (خرابی های کارکردی): معمولاً خرابی های کارکردی دقیقاً متضاد کارکردها هستند. به عنوان مثال، اگر کارکرد «فراهم کردن مسیر جریان برای مبدل حرارتی خنک کنندهٔ X در حین کارکرد پمپ Y» باشد، خرابی کارکردی «شکست در فراهم نمودن مسیرجریان برای مبدل حرارتی خنک کنندهٔ X در حین کار پمپ Y» خواهد بود. همچنین به FUNCTIONS مراجعه کنید.

FUNCTIONS (کارکردها): یک کارکرد توضیح می دهد که تجهیز باید چه کاری انجام دهد.کارکرد، توضیحی است برای اینکه چرا تجهیز نصب شده است و حفظ این کارکردها هدف اصلی برنامهٔ نگهداری و تعمیرات است.در صورت عدم وجود الزامات نظارتی که به طور خاص پارامترهای عملیاتی را تعریف می کند که کارکرد باید برآورده کند، تنها تعریف کارکردی که باید مشخص کنید یک استاندارد عملکردی[1]در سطح تعیین شده توسط شما، مالک تأسیسات و مالک برنامهٔ RCM شماست. به عنوان مثال، در صورت عدم وجود هرگونه الزامات خاص دیگر، کارکرد یک پمپ را می توان به صورت زیر نوشت: «فراهم نمودن جریان لازم مورد نیاز برای حفظ موجودی مخزن در سطح اسمی آن».

HIDDEN FAILURES (خرابی های پنهان): خرابی های پنهان منجر به یک اثر کارخانه ای فوری نمی شوند، زیرا طبق تعریف، برای رخ دادن یک وضعیت اثرگذار بر کارخانه، خرابی یا پیامد خرابی باید برای پرسنل عملیات آشکار باشد. اگر اثرات یک خرابی قابل مشاهده نباشد، خرابی هیچ تأثیر فوری نخواهد داشت. زمانی که یک تجهیز برای انجام کارکرد خود مورد نیاز است و پیامد خرابی مشهود نیست-یعنی عملکرد کلی فوری سیستم در حالت عادی یا حالت تقاضا بی تأثیر باقی می ماند- خرابی یک خرابی پنهان است. هدف از شناسایی خرابی های پنهان، جلوگیری از قرار گرفتن در معرض اثرات کارخانه است که می تواند ناشی از خرابی چندگانه، زمان یا سایر رویدادهای آغازگر مربوط به تجهیز مورد نظر در وضعیت خرابی پنهان آن باشد.

[1] performance standard

HIDDEN FUNCTIONS (کارکردهای پنهان): یک تجهیز زمانی دارای یک کارکرد پنهان است که یکی از شرایط زیر وجود داشته باشد:

۱- کارکرد در حالت عادی فعال یا در حال استفاده است، در حالی که سیستم در حال کار است اما هیچ نشانه ای برای پرسنل عملیات وجود ندارد که کارکرد از دست رفته یا متوقف شده است.

۲- کارکرد در حالت عادی غیر فعال یا بدون استفاده است، درحالی که سیستم در حال کار است اما هیچ نشانه ای برای پرسنل عملیات وجود ندارد که کارکرد در صورت نیاز در دسترس نیست.

همچنین به HIDDEN FAILURES،STANDBY COMPONENTS و STANDBY FUNCTIONS رجوع کنید.

INDICATION OF FAILURE : به EVIDENT FAILURE و EVIDENT INDICATION رجوع کنید.

INITIATING EVENTS (رویدادهای آغازگر): یک رویداد اضافی که می تواند رخ دهد، مانند از دست دادن برق در سایت، سیل پس از طوفان، آتش سوزی محلی یا هر رویداد دیگری که می تواند در ترکیب با یک خرابی موجود، منجر به یک پیامد کارخانه ناخواسته شود.

POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS را نیز ببینید.

INSTRUMENT LOGIC TREE (درخت منطقی ابزاردقیق): این درخت منطقی شما را از طریق فرایند شناسایی استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای تجهیزات ابزاردقیق راهنمایی می کند.

INSTRUMENTS (ابزار دقیق): ابزار دقیق می توانند ابزارهای کارکردی باشند، آنهایی که کارکرد خاصی را ارائه می دهند مانند سوئیچ سطح که شیر دیگری را کنترل می کند، یا می توانند ابزارهای صرفاً نشانگر باشند که به عنوان مثال فقط یک قرائت از یک گیج یا مانیتور ارائه می دهند و به خودی خود کارکرد مستقیمی ارائه نمی دهند.

INTERFACES (رابط ها): رابط ها ابزارهای کمکی خارج از سیستم یا زیر سیستم هستند که برای عملکرد سیستم یا زیر سیستمِ درحال تجزیه و تحلیل مورد نیاز هستند.

رابط های ارائه شده توسط سیستم های خارج از سیستم به عنوان out-system in-interfaces نامیده می شوند. رابط های ارائه شده توسط سیستم یا زیرسیستم تحلیل شده که برای عملکرد سیستم های بیرونی مورد نیاز هستند به عنوان in-system out-interfaces نامیده می شوند. رابط های ارائه شده توسط زیر سیستم دیگری در همان سیستم به عنوان in-system in-interface نامیده می شوند.

INTERVAL (بازه): بازه یک عدد صحیح استفاده شده با فرکانس برای تعریف یک دورهٔ تناوب خاص است. به عنوان مثال، اگر یک فعالیت PM هر دو ماه یکبار انجام شود، فرکانس ماهانه و بازه زمانی۲ خواهد بود که «۲M» خوانده می شود. بنابراین دورهٔ تناوب ۲M است. اگر این فعالیت هر شش ماه یکبار انجام می شود، بازه زمانی ۶ خواهد بود و دورهٔ تناوب ۶M خواهد بود. FREQUENCY وPERIODICITY را ببینید.

LIVING RCM PROGRAM (برنامهٔ **RCM** پویا): از آنجا که RCM یک تلاش ثابت یکباره برای توسعهٔ یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیست، باید یک برنامهٔ زنده و قابل اجرا باقی بماند که دائماً برای تغییرات تحت نظارت است. برنامهٔ RCM شما بر اساس دانش و آگاهی از اطلاعات، حقایق و داده هایی که در زمان اجرای برنامه در اختیار داشتید، بوده است. این امر به ویژه در مورد دوره های تعیین شده برای فعالیت های PM صادق است. با این حال، همه چیز در معرض تغییر است. این تغییرات می تواند در نتیجهٔ حالت های خرابی جدیدی که آشکار می شوند اما در زمان اجرا وجود نداشتند، ایجاد شود. تغییرات در روش های نگهداری و تعمیرات ممکن است به اندازه ای مفید باشند که اجازه دهند دوره های تناوب تمدید شود. از سوی دیگر، برخی تغییرات در پارامترهای تجهیزات ممکن است منجر به نیاز به کاهش دوره های تناوب برای حفظ قابلیت اطمینان شود. تغییرات در کارخانه، تغییرات در تجهیزات، تغییرات در ویژگی های عملیاتی و فناوری های جدید PdM ، که هر روز ظاهر می شوند، همگی به نیاز به بازنگری و به روز رسانی مداوم برنامهٔ نگهداری و تعمیرات شما و حفظ آن به عنوان یک برنامهٔ زنده کمک می کنند.

MISSING LINK (حلقهٔ مفقوده): حلقهٔ مفقودهٔ RCM، عدم وجود یک دسته بندی قطعی برای خرابی تجهیزات است که پنهان هستند و بلافاصله آشکار نمی شوند، که به عنوان تجهیزات بالقوه حیاتی شناخته می شوند (یعنی دارای پتانسیل حیاتی شدن). POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS را ببینید.

MONITORING AND TRENDING (پایش و روندیابی): این یک استراتژی است که معیارهای عملکرد کل را پایش و اندازه گیری می کند تا ارزیابی قابلیت اطمینان را به صورت کمی امکان پذیر کند. یک فلسفهٔ جامع امکان داشتن یک عکس فوری از قابلیت اطمینان کارخانه و اثربخشی برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را فراهم می کند. استراتژی پایش و روندیابی رابطهٔ روندی بین نرخ مورد انتظار عملکرد (EPR) و نرخ واقعی عملکرد (APR) را نشان می دهد.

MULTIPLE FAILURES (خرابی های چندگانه): یک تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه زمانی مورد نیاز است که وقوع یک خرابی منفرد پنهان باشد. در صورت وقوع یک خرابی پنهان، ممکن است تا زمان وقوع یک خرابی چندگانه اضافی یک پیامد ناخواسته رخ ندهد. تجزیه و تحلیل خرابی چندگانه، یکی از سه سنگ بنای RCM

است. حتی در مورد یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی که در آن وقوع خرابی مشهود است، خرابی باید به موقع قبل از وقوع خرابی چندگانهٔ اضافی اصلاح شود.
CORNERSTONES OF RCM POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS و
CANON LAW FOR RUN-TO-FAILURE را نیز ببینید.

NONCREDIBLE FAILURE (خرابی غیرمحتمل): یک خرابی غیر محتمل دارای علل نظری یا فرضی است که در واقع ممکن است هرگز رخ ندهد یا بسیار بعید است که رخ دهد. به CREDIBLE FAILURE CAUSES مراجعه کنید.

NORMAL MODE OF OPERATION (حالت عادی عملکرد): حالت عادی عملکرد برای یک تجهیز یا سیستم زمانی است که کارکرد آن تجهیز یا سیستم به طور معمول فعال باشد. حالت عادی عملکرد نشان دهندهٔ توانایی تشخیص این است که، در طول عملیات معمول کارخانه، یک تجهیز به درستی کار می کند یا اینکه خراب شده است. DEMAND MODE OF OPERATION را ببینید.

OPERABILITY CONCERNS (ملاحظات مربوط به قابلیت عملکرد): اینها پیامدهای خرابی هستند که مربوط به قابلیت عملکرد تأسیسات هستند و از مسائل ایمنی و اقتصادی متمایز هستند.
ASSET RELIABILITY CRITERIA و ECONOMIC COMPONENTS را ببینید.

OPERATOR ROUNDS (گشتزنی های اپراتور): گشتزنی های اپراتور بخشی جدایی ناپذیر از هر برنامهٔ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه هستند. اینها بازرسی های منظم و رسمیِ برنامه ریزی شده توسط کارکنان عملیات کارخانه هستند، برای اطمینان از اینکه تجهیزات کارخانه به درستی کار می کنند. آنها توانایی شناسایی تجهیزاتی را که ممکن است صداهای نامشخص ایجاد کنند یا شناسایی نشتی روغن، آب، بخار یا مایعات دیگر را فراهم می کنند.گشتزنی های اپراتور قابلیت پایش منظم فشارها، دماها، قرائت های الکتریکی و غیره از تجهیزات کارخانه را فراهم می کنند.

PERIODICITY (دورهٔ تناوب): دورهٔ تناوب هم فرکانس و هم بازهٔ زمانی را شامل می شود. به عنوان مثال، یک دورهٔ تناوب ۲A یک فرکانس سالانه را به علاوهٔ یک بازهٔ ۲ نشان می دهد، به این معنی که فعالیت هر دو سال یکبار انجام می شود. استفاده از فرکانس به تنهایی می تواند گمراه کننده باشد. به عنوان مثال، افزایش فرکانس از هفتگی به ماهانه به این معنی است که شما کار را به دفعات کمتری انجام می دهید، ناشی از افزایش دورهٔ تناوب. بر عکس، کاهش فرکانس از ماهانه به هفتگی به این معنی است که کار را به دفعات بیشتری انجام می دهید، در نتیجهٔ افزایش دورهٔ تناوب.

PHASES OF RCM (فازهای **RCM**):

فاز ۱ : شامل شناسایی تجهیزاتی است که از نظر ایمنی، تولید و حفاظت از دارایی کارخانه مهم هستند.

فاز۲ : شامل تعیین فعالیت های PM مورد نیاز برای تجهیزات شناسایی شده در فاز ۱ است. این فعالیت ها باید هم قابل اجرا و هم مؤثر باشند.

فاز۳ : شامل اجرای درست فعالیت های مشخص شده در فاز ۲ است.

PIECE PARTS : اینها قطعات جداگانه ای هستند که مسؤولِ دلایل خرابی تجهیزات هستند.
به CREDIBLE FAILURE CAUSES مراجعه کنید.

PLANT : بهFACILITY مراجعه کنید.

PM TASK SELECTION LOGIC TREE (درخت منطقی انتخاب فعالیت **PM**) : این درخت شاملِ منطق انتخاب دسته بندی PM از فعالیت های مبتنی بر زمان، مبتنی بر شرایط و جستجوی خرابی است. همچنین منطقی را برای تشخیص اینکه چه زمانی یک تغییر طراحی ضروری است، فراهم می کند.

PM TASK WORKSHEET (کاربرگ فعالیت **PM**): کاربرگی است که بر روی آن تصمیمات مربوط به تعیین فعالیت های مختلف PM ثبت می شود. این کاربرگ فقط برای آن دسته از تجهیزاتی که به عنوان حیاتی، بالقوه حیاتی، تعهدآور و اقتصادی شناسایی شده اند، قابل استفاده است.

POTENTIAL FAILURES (خرابی های بالقوه): این اصطلاح را نباید با تجهیزات بالقوه حیاتی (potentially critical) اشتباه گرفت. خرابی های بالقوه، خرابی های اولیهٔ تجهیزات هستند که معمولاً با تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیشگویانه مانند تجزیه و تحلیل ارتعاش، نمونه گیری روغن و ترموگرافی تشخیص داده می شوند. یک خرابی بالقوه، به تشخیص خرابیِ حتمی و قریب الوقوعِ یک تجهیز اشاره دارد. این تجهیزی است که در شُرُف خراب شدن است-برای مثال، تجهیزی که در حال ارتعاش است، در دمای بالاتر از معمول کار می کند، نشتی مایع دارد یا صداهای غیرعادی ایجاد می کند.

POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS (تجهیزات بالقوه حیاتی) : این دسته از تجهیزات حلقهٔ گمشدهٔ RCM است. یک تجهیز بالقوه حیاتی تجهیزی است که خرابی فوری آن آشکار نیست و بلافاصله بحرانی نیست اما این پتانسیل را دارد که با یک مدت زمان به خودی خود، با یک خرابی اضافی یا با یک رویداد آغازگر اضافی بحرانی شود که در آن زمان متأسفانه ممکن است پیامد خرابی کاملاً آشکار (و بحرانی) شود. پتانسیل بحرانی شدن می تواند نه تنها با یک خرابی اضافی بلکه همچنین با یک رویداد آغازگر اضافی یا حتی با یک تحول معمولی اضافی در کارخانه مانند روشن کردن سیستمی که به ندرت استفاده می شود، روشن

کردن یک مدار تازه اصلاح شده یا خاموش کردن یک پمپ تحت شرایط خاص، رخ دهد. تجهیزات بالقوه حیاتی را می توان به عنوان سلول های خواب در نظر گرفت که در کمین نشسته اند تا کارخانه یا تأسیسات شما را خراب کنند. آنها تجهیزاتی خراب هستند که مشهود نیستند، بنابراین هیچ کس نمی داند که آنها خراب شده اند. آنها تجهیزاتی هستند که دیگر کارکرد خود را انجام نمی دهند اما شما دربارهٔ از دست دادن کارکردشان و پیامدهای بالقوهٔ خرابی شان چیزی نمی دانید و نخواهید دانست تا اینکه یک خرابی اضافی دیگر، یک رویداد آغازگر اضافی یا تحولی رخ دهد که باعث شود سلول خواب خود را نشان دهد. این یک آسیب پذیری است که باید از آن اجتناب کرد! اکثریت (تقریباً ۹۸ درصد) تجهیزات بالقوه حیاتی نه در اثر گذر زمان (تقریباً ۲ درصد) بلکه در نتیجهٔ تأثیرات خرابی های چندگانه یا رویدادهای آغازگر تعیین می شوند. دلیل گنجاندن جنبهٔ مدت زمان برای تجزیه و تحلیل این است که مطلقاً کامل، جامع و دقیق باشد به طوری که هیچ چیز از تجزیه و تحلیل فرار نکند یا سهواً حذف نشود.

تجهیزات بالقوه حیاتی در نتیجهٔ خرابی های چندگانه یا رویدادهای آغازگر: هنگامی که دو(یا بیشتر) تجهیز (شیرها، پمپ ها، موتورها و غیره) برای ارائهٔ کارکردی عمل می کنند که هر کدام به تنهایی می توانند انجام دهند، و هیچ نشانه ای از خرابی برای هر تجهیز به صورت جداگانه وجود ندارد، سپس خرابی یکی از تجهیزات پنهان است (هیچ نشانه ای وجود ندارد که تجهیز از کار افتاده است) و خرابی منجر به اثر فوری کارخانه نمی شود. با این حال، اگر تجهیز دوم خراب شود یا اگر رویداد آغازگر دیگر یا تحولی در کارخانه اتفاق بیفتد که به تجهیز ازکارافتاده متکی باشد، سپس یک پیامد مؤثر بر کارخانه رخ خواهد داد. از این رو، تجهیز به عنوان بالقوه حیاتی در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال، اگر دو پمپ به طورمعمول به صورت همزمان کار می کنند، خرابی شیر یکطرفه تخلیه پمپ در موقعیت باز پنهان خواهد بود. فقط زمانی که پمپ مرتبط خراب شود، مسیر جریانِ معکوسِ ناخواسته از طریق شیر یکطرفه خراب شده در موقعیت باز آشکار خواهد شد.

تجهیزات بالقوه حیاتی در نتیجهٔ زمان: یک مثال نوعی از بالقوه حیاتی بودن ناشی از زمان این است که اگر یک پانل از یک غربالِ متحرکِ آب درگردش چند پانله، که جلبک دریایی و دیگر زباله های اقیانوسی را فیلتر می کند، از کار بیفتد یا آسیب ببیند، هیچ نشانه ای مبنی بر از کار افتادن پانل وجود نخواهد داشت و هیچ اثر فوری وجود نخواهد داشت. با این حال، در طول مدت زمان، خرابی یکی از پانل های غربال به خودی خود در نهایت می تواند به علت شکست در فیلتر کردن زباله ها باعث مسدود شدن مبدل های حرارتی شود که در نهایت منجر به یک اثر کارخانه می شود. توجه داشته باشید که غربال متحرک هرگز به طور کامل یا فوری از کار نمی افتد و شما نیازی به یک خرابی اضافی ثانویه برای رخ دادن این پیامد ندارید. نمونهٔ دیگری از طبقه بندی یک تجهیز به عنوان بالقوه حیاتی به دلیل مدت زمان یک مخزن بزرگ است که نشتی کوچکی دارد که شناسایی نشده است. این خرابی بلافاصله آشکار نخواهد شد و نیازی هم به یک خرابی اضافی ثانویه ندارد تا خود را نشان دهد. با این حال، پس از مدت زمانی معین، به خودی خود، ممکن است یک پیامد کارخانه رخ

دهد زیرا موجودی مخزن یک کارکرد مهم را نشان می دهد. اینها آسیب پذیری هایی هستند که تا قبل از اینکه منجر به یک پیامد کارخانه نشوند، از آنها مطلع نخواهید شد-که زمانی برای مطلع شدن از آنها نیست. وقتی این اتفاق رخ می دهد، برای اقدام پیشگیرانه خیلی دیر است.

POTENTIALLY CRITICAL GUIDELINE (دستورالعمل تجهیزات بالقوه حیاتی): این دستورالعمل شامل منطقی است برای تعیین اینکه چه زمانی یک تجهیز به عنوان بالقوه حیاتی طبقه بندی می شود. این یک جنبهٔ بسیار مهم از یک برنامهٔ RCM را نشان می دهد. POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS و RCM FILTER را ببینید.

PREDICTIVE MAINTENANCE TASKS (فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگویانه): نگهداری و تعمیرات پیشگویانه (PdM) زیر مجموعه ای از نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط است و عمدتاً شامل استفاده از فن آوری های غیر مخرب برای نظارت بر تجهیزات از نظر پیش سازها به سوی خرابی است. از تکنیک های نگهداری و تعمیرات پیشگویانه برای تعیین وضعیت تجهیز استفاده می شود به طوری که خرابی های اولیه را بتوان تشخیص داد و بتوان برای جلوگیری از وقوع یک خرابی کارکردی تعمیرات اساسی یا تعویض مورد نیاز را برنامه ریزی کرد. تکنیک های رایج PdM شامل تجزیه و تحلیل ارتعاش، ترموگرافی، نمونه برداری و تجزیه وتحلیل روغن، پایش صوتی، بازرسی رادیوگرافی، بازرسی ذرات مغناطیسی، تست جریان گردابی، تست اولتراسونیک، مایع نافذ، آنالیز امضای جریان موتور، بازرسی های بوروسکوپ، تست تشخیصی شیر با عملگر موتوری و تست تشخیصی شیر پنوماتیکی است.

PREVENTIVE MAINTENANCE (نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه): نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، استراتژی طراحی شده برای جلوگیری از پیامدهای ناخواستهٔ خرابی است. این استراتژی می تواند در جهت جلوگیری از خرابی ها در سطح تجهیز باشد یا می تواند برای جلوگیری از خرابی ها مستقیماً در سطح کارخانه طراحی شود. جلوگیری از خرابی ها در سطح تجهیز به طور واضح یک مفهوم کاملاً درک شده است. با این حال، پیشگیری از خرابی مستقیماً در سطح کارخانه، شامل تعیین فعالیت های جستجوی خرابی و شامل نگهداری و تعمیرات اصلاحی به عنوان بخشی از استراتژی کلی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. فعالیت های جستجوی خرابی برای جلوگیری از وقوع یک پیامد ناخواسته کارخانه به عنوان نتیجهٔ یک خرابی پنهان در ترکیب با خرابی های چندگانه اضافی یا سایر رویدادهای آغازگر، ضروری هستند. نگهداری و تعمیرات اصلاحی نیز باید برای استراتژی کلی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مورد توجه قرار گیرد تا از وقوع یک پیامد ناخواسته کارخانه به عنوان نتیجهٔ خرابی یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی در ترکیب با خرابی های چندگانه اضافی یا سایر رویدادهای آغازگر جلوگیری کند.گنجاندن تجهیزات RTF به عنوان بخشی از استراتژی کلی نگهداری

و تعمیرات پیشگیرانه تقریباً همیشه نادیده گرفته می شود. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تعیین فعالیت های مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان و جستجوی خرابی را برای جلوگیری از پیامدهای خرابی دربرمی گیرد. به عنوان بخشی از این سه دستهٔ اصلی، فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگویانه، گشتزنی های اپراتور و مجموعه کاملی از انواع دیگر فعالیت ها تجویز می شود.

به FAILURE-FINDING ،CONSEQUENCE OF FAILURE ،CONDITION-DIRECTED TASK ،TASK ،PREDICTIVE MAINTENANCE TASKS ،TIME-DIRECTED TASK مراجعه کنید.

QUALIFYING CONDITIONS FOR ASSET RELIABILITY CRITERIA : (شرایط صلاحیت برای معیارهای قابلیت اطمینان دارایی): هنگام انتخاب معیارهای قابلیت اطمینان دارایی، که پیامدهایی هستند که برای اطمینان از حفاظت و قابلیت تولید در تأسیسات شما باید از آن اجتناب شود، گاهی اوقات شرایط صلاحیت می تواند در معیارها به عنوان یک نقطهٔ آستانه برای اجازه دادن به مقدار معینی از آزادی عمل قبل از تعیین اینکه یک پیامد ناخواسته واقعاً رخ داده است، قرار داده شود. به عنوان مثال، در صورت کاهش توان برنامه ریزی نشده، آستانه ممکن است ۳۰ دقیقه باشد، به این معنی که تا زمانی که کاهش توان کمتر از ۳۰ دقیقه باشد، آستانهٔ کاهش توان برنامه ریزی نشده برآورده نخواهد شد.

بهASSET RELIABILITY CRITERIA مراجعه کنید.

RCM FILTER (فیلتر**RCM**) **:** این تصویری از فیلتری است که فرایند منطقی تصمیم گیری غیر پیچیده از *«پیاده سازی RCM به زبان ساده»* را نشان می دهد. این تصویر نشان می دهد که چگونه هر تجهیز باید از مراحل مختلف این فیلتر عبور کند تا طبقه بندی آن تعیین شود. اولین مرحلهٔ فیلتر تعیین می کند که آیا تجهیز حیاتی است، دومین مرحلهٔ فیلتر تعیین می کند که آیا تجهیز بالقوه حیاتی است، سومین مرحله تجهیزات تعهدآور را تعیین می کند و چهارمین مرحله تجهیزات از نظر اقتصادی مهم را تعریف می کند. هر تجهیزی که از هر چهار مرحله عبور می کند، به عنوان کارکرد-تا-خرابی طبقه بندی می شود.

POTENTIALLY ، CRITICAL COMPONENTS ،COMMITMENT COMPONENTS RUN-TO-FAILURE (RTF)، ECONOMIC COMPONENTS ،CRITICAL COMPONENTS را ببینید. هم چنین شکل ۵-۳ را ببینید.

REDUNDANCY (افزونگی): اصطلاحی است که به طور گسترده ای اشتباه فهمیده شده است. افزونگی به معنای چیزی بیش از فقط داشتن دو تجهیز به جای یک تجهیز است، با این باور که نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در چنین شرایطی اهمیت چندانی ندارد. اگرچه افزونگی، با توجه به اساسی ترین تعریف آن، به این معنی است که بیش از یک تجهیز برای انجام یک کارکرد خاص وجود دارد، افزونگی به تنهایی نشانهٔ کافی

برای اینکه یکی از دو تجهیز از کار افتاده است، ارائه نمی دهد. تجهیزات آماده به کار و پشتیبان برای ارائهٔ افزونگی در نظر گرفته می شوند، اما آنها به طور همزمان عمل نمی کنند. تجهیزات واقعاً افزونه معمولاً به طور همزمان کار می کنند. با این حال، افزونگی به طور کلی به این معنی نیست که نشانه ای از خرابی برای هر تجهیز افزونه وجود دارد. STANDBY COMPONENTS و STANDBY FUNCTIONS را ببینید.

RELIABILITY (قابلیت اطمینان): قابلیت اطمینان احتمال بقای یک آیتم تا یک سن عملیاتی مشخص تحت شرایط عملیاتی مشخص بدون خرابی است. به طور جامع تر، قابلیت اطمینان را می توان به عنوان نرخ تجمعی و یکپارچه رویدادهای ناخواسته کل در هر واحد زمان تعریف کرد که در اینجا رویدادها فقط به خرابی تجهیزات محدود نمی شوند. قابلیت اطمینان شامل مجموعه کاملی از رویدادها و وقایع ناخواسته است که می تواند به عنوان یک نرخ زمان اندازه گیری شود. قابلیت اطمینان، نمایانگر طیفی گسترده تر از رویدادها به غیر از فقط خرابی ها است؛ بنابراین، اندازه گیری های قابلیت اطمینان نه تنها فقط محدود به خرابی ها نمی شود بلکه می تواند بینش شهودی تری برای تعیین اثربخشی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شما و اینکه تأسیسات شما چقدر خوب کار می کند، ارائه دهد.

RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE RCM (نگهداری و تعمیرات مبتنی برقابلیت اطمینان): نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)، شامل مجموعه ای از فعالیت های ایجاد شده بر اساس یک ارزیابی سیستماتیک است که برای توسعه و بهینه سازی یک برنامهٔ نگهداری و تعمیرات استفاده می شود. RCM شامل منطق تصمیم گیری برای تعیین پیامدهای ایمنی و عملیاتی خرابی و شناسایی مکانیزم های مسؤول این خرابی ها است.

RUN-TO-FAILURE یا **RTF** (کارکرد-تا-خرابی) : یتیم قابلیت اطمینان است که به اشتباه درک شده است. بیشتر افراد، از جمله مهندسان، این پاسخ خودکار را می دهند که اگر تجهیزی از کار بیفتد و هیچ اتفاقی رخ ندهد، تجهیز از نوع کارکرد-تا-خرابی است. این کاملاً اشتباه است. یک فرض رایج اما کاملاً نادرست دیگر این است که داشتن تجهیزات افزونه یا سیستم های افزونه به طور خودکار به این معنی است که تجهیز یا سیستم کارکرد-تا-خرابی است. تعریف رایج RTF که در اکثر کتاب های RCM یافت می شود، به سادگی بیان می کند که «تجهیز مجاز است بدون نیاز به PM از کار بیفتد». این تعریف برای توصیف دقیق RTF آنقدرکم عمق است که از سوء مدیریت آن جلوگیری نمی کند. یک تعریف بسیار دقیق و تجویزی از شناسایی یک تجهیز به عنوان RUN-TO-FAILURE مورد نیاز است. من این را قانون کانُن (Canon Law) برای تجهیزات کارکرد-تا-خرابی می نامم.

RUN-TO-FAILURE ANOMALIES (ناهنجاری های کارکرد-تا-خرابی): اگر تجهیزی به اندازهٔ کافی در سلسله مراتب اهمیت نسبی پائین باشد، اگر چه ممکن است خرابی تجهیز آشکار باشد، هنوز هم ممکن است هیچ پیامد کارخانه ای وجود نداشته باشد، حتی اگر در ارتباط با خرابی اصلی، خرابی های اضافی نیز وجود داشته باشند. زمانی که منطق، یک سناریوی خرابی چندگانه را مشخص می کند که هنوز هیچ پیامد ناخواسته ای ندارد، همواره بپرسید: «چرا تجهیز حتی در کارخانه نصب شده است؟». یکی دیگر از ناهنجاری های احتمالی برای تجهیزاتی وجود دارد که در تأسیسات شما صرفاً برای راحتی نصب شده اند یا ارزش ناچیزی دارند. این غیر معمول نیست که دریابیم حتی اگر چنین تجهیزاتی خرابی هایی دارند که مشهود نیستند، مطابق با منطق فرایند، آنها هنوز هم ممکن است در نهایت به عنوان RTF طبقه بندی می شوند. مزیت ذاتی قانون کانُن برای تجهیزات کارکرد-تا-خرابی این است که باعث می شود این تجهیزات ناهنجار برجسته شده و مورد توجه قرار گیرند، به طوری که هیچ تجهیز مهمی از منطق RCM فرار نمی کند. این قانون مسیری برای استثناء فراهم می کند اما تنها پس از آن که این استثناء به دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته باشد. سپس می توان هرگونه تجهیز ناهنجاری را از این نظر ارزیابی کرد که آیا باید همچنان حفظ شوند یا اینکه باید آنها را برای حذف کامل از کارخانه در نظرگرفت- اما تصمیم با شماست.

SAE STANDARD FOR RCM (استاندارد **SAE** برای **RCM**): انجمن مهندسین خودرو (SAE)، استانداردی را ایجاد کرد که به یک فرایند اجازه می دهد RCM نامیده شود. دلیل اصلی این امر این بود که اصطلاح RCM برای بسیاری از پیشرفت های برنامهٔ RCM اعمال می شد که فاقد منطق فنی بودند و به طور سیستماتیک توسعه نیافته بودند. آنها یک کلاهبرداری از انبوه تلاش های بهبود PM یا بازنگری PM یا بهینه سازی برنامهٔ PM بودند که به بهانهٔ RCM به صورت نادرستی توصیف شدند. SAE می خواست از جداسازی این تلاش های نسبتاً دلبخواهی دیگر از رویکرد مشخص تر وکامل ترِ استفاده خاص از منطق RCM اطمینان حاصل کند. در نتیجه، آن ها یک استاندارد اساسی به نام SAE سند JA۱۰۱۱ صادر کردند که باید برآورده می شد تا فرایند برنامهٔ نگهداری و تعمیرات، یک فرایند RCM نامیده شود.

SAMPLING (نمونه گیری): این کار یک استراتژی است که یک بازرسی داخلیِ جامع از تجهیزات خاصی را که برای چندین سال بدون تعمیرات اساسی یا تعویض کارکرده اند و ممکن است مکانیسم های خرابی اولیهٔ آشکار نشده ای در حال رخ دادن داشته باشند، انجام می دهد. ممکن است شک قوی وجود داشته باشد که تجهیزات اصلی خاصی نیاز به تعمیرات اساسی یا تعویض دارند، زیرا آب بندی پمپ ها، پروانه ها، سیم پیچ های استاتور و یاتاقان ها برای همیشه دوام نمی آورند، حتی اگر شما به طور منظم و مداوم فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگویانهٔ منتناوب مانند نظارت بر لرزش بیش از حد و نمونه برداری و تعویض روغن را انجام داده باشید. هنوز هم متقاعد کردن مدیریت ارشد برای اینکه زیر بار یک طرح تعمیرات اساسی بدون

شواهدی از فرسایش تجهیز بروند، یک شاهکار آسان نیست و این جایی است که یک استراتژی نمونه گیری می تواند از ارزش قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشد. یکی دیگر از دلایل انجام بازرسی نمونه گیری، تأیید اعتبار فن آوری های نگهداری و تعمیرات پیشگویانه شما است. غیر معمول نیست که مکانیسم های خرابی اصلی در برخی تجهیزات شناسایی نشده باشند، حتی با مجموعه ای از فعالیت های PdM که به طور منظم انجام می شوند.

SINGLE-FAILURE ANALYSIS (تجزیه و تحلیل تک-خرابی) : RCM معمولاً یک تجزیه و تحلیل تک-خرابی است به جز زمانی که خرابی پنهان باشد. سپس تبدیل به تجزیه و تحلیل چند-خرابی می شود.
HIDDEN FAILURES،HIDDEN FUNCTIONS و POTENTIALLY CRITICAL COMPONENTS را ببینید.

SLEEPER CELL (سلول خواب): این عبارت برای توصیف اینکه چگونه یک خرابی پنهان شناسایی نشده باقی می ماند، به کار می رود، شبیه به بودن در یک حالت سلول خواب که در انتظار وقوع یک خرابی اضافی یا یک رویداد آغازگر است که در ترکیب با خرابی پنهان باعث یک پیامد کارخانهٔ ناخواسته می شود.

STANDBY COMPONENTS (تجهیزات آماده به کار): این تجهیزات به عنوان تجهیزات آماده به کار، پشتیبان و افزونه توصیف می شوند. تجهیزات آماده به کار و پشتیبان معمولاً به طور همزمان کار نمی کنند. آنها در یک حالت کاری آماده به کار و پشتیبان در صورت خرابی یا بر اساس تقاضای یک تجهیز دیگر کار می کنند. آنها ممکن است تجهیزات مشابه باشند یا نباشند. به عنوان مثال، یک پمپ پشتیبان یا آماده به کار ممکن است بر اساس تقاضای یک سوئیچ فشار یا جریان فعال شود. آنها می توانند به طور خودکار بر اساس یک سیگنال ورودی عمل کنند یا با راه اندازی دستی عمل کنند. بر خلاف تجهیزات آماده به کار یا پشتیبان، تجهیزات یا سیستم های واقعاً افزونه معمولاً مانند تجهیزات یا سیستم هایی هستند که به طور همزمان کار می کنند.

STANDBY FUNCTIONS (کارکردهای آماده به کار): این کارکردها معمولاً با سیستم های آماده به کار عادی و سیستم های ایمنی آماده به کار مرتبط هستند. سیستم باید در حالت کاری تقاضا یا کارکرد خود تجزیه و تحلیل شود تا تجهیزات حیاتی و بالقوه حیاتی شناسایی شوند، زیرا سیستم به طور معمول در حال کار نیست. سیستم های آماده به کار باید دارای فعالیت های نظارت و تشخیص خرابی مشخص شده به صورت دوره ای باشند تا از عملکرد سیستم یا تجهیز اطمینان حاصل شود به طوری که بتواند همانطورکه در نظر گرفته شده برای جلوگیری از یک پیامد خرابی عمل کند.

STREAMLINED RCM (**RCM** ساده شده): این شامل اشکال مختلف نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است که نسخه هایی کوتاه شده از RCM کلاسیک هستند. در بیشتر موارد، آنها تعریف یک برنامهٔ RCM همانطورکه توسط انجمن مهندسین خودرو مطابق با سند JA۱۰۱۱ از استاندارد SAE تعریف شده را برآورده نمی کنند. SAE STANDARD FOR RCM را ببینید.

TIME-DIRECTED TASK (فعالیت مبتنی بر زمان): این یکی از سه دسته فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. فعالیت های مبتنی بر زمان معمولاً فعالیت های نگهداری و تعمیرات سرزده مانند تعمیرات اساسی، جداسازی قطعات، تعویض ها و بازرسی های داخلی است که با توجه به دورهٔ تناوبی معین برنامه ریزی می شوند. CONDITION-DIRECTED TASK و FAILURE- FINDING TASK را ببینید.

TIMELY MANNER (زمان مناسب): این یک اصطلاح رایج برای توصیف زمانی است که باید نگهداری و تعمیرات اصلاحی بر روی یک تجهیز کارکرد-تا-خرابی انجام شود. یک تجهیز کارکرد- تا-خرابی باید به موقع اصلاح شود، بسته به شرایط کارخانه در آن زمان. زمان مناسب ممکن است بسته به فرایند قضاوت و تصمیم گیری پرسنل عملیات و مهندسی و بر اساس شرایط موجود کارخانه بر حسب ساعت، روز یا هفته اندازه گیری شود. زمان مناسب تحت هیچ شرایطی نمی تواند نامحدود باشد.
CORRECTIVE MAINTENANCE ، CANON LAW FOR RUN-TO-FAILURE،
RUN-TO-FAILURE) و RUN-TO-FAILURE ANNOMALIES را ببینید.