نگهداری و تعمیرات

مبتنی بر قابلیت اطمینان

جـان موبـری

ترجمه

علی زواشکیانی

رضا آزادگان

گروه پژوهشی صنعتی آریانا

انتشارات آریانا قلم

مقدمه ناشر

طی سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری‌های بسیاری در زمینه ساخت و توسعه زیرساخت‌های کشور مانند سدها، نیروگاه‌ها، کارخانجات، پتروشیمی‌ها، پالایشگاه و ... شده است. در شرایط حاضر حفظ و نگهداری مناسب از این سرمایه‌های عظیم ملی از جمله چالش‌های فراروی سازمان است. از این رو توسعه دانش نگهداری و تعمیرات از الزامات اولیه حرکت در این مسیر می‌باشد.

خوشبختانه این مهم از سوی مدیران به خوبی درک شده است و حضور آنان در برنامه‌های آموزشی نگهداری و تعمیرات حاکی از این توجه است. با این وجود منابع مکتوب تخصصی در این حوزه به شدت محدود می‌باشد، به ویژه در زمینه ابزارها و تکنیک‌های جدید نگهداری و تعمیرات کم‌تر اثری منتشر شده است.

گروه پژوهشی صنعتی آریانا با راه‌اندازی مرکز مدیریت دارایی‌های فیزیکی آریانا و تعامل با مراکز علمی و حرفه‌ای این حوزه مانند دانشگاه تورنتو تلاش نموده است سهمی شایسته در این زمینه داشته باشد. کتاب حاضر از جمله این فعالیت‌ها است.

کتاب حاضر حاصل تلاش‌های همکار گرامی جناب آقای دکتر علی زواشکیانی است. ایشان دکترای خود را در رشته مدیریت دارایی‌های فیزیکی از دانشگاه تورنتو دریافت کرده‌اند و هم‌اکنون مدیر آموزش و پروژه‌های مشاوره مرکز بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات (C-MORE) می‌باشد.

لازم به ذکر است ترجمه این اثر با مجوز شرکت Aladon که مرجع RCM II می‌باشد، انجام شده است.

انتشارات آریانا قلم امیدوار است این کتاب مورد استفاده و توجه دانشجویان، اساتید، مدیران و کارشناسان محترم این حوزه قرار گیرد.

سمیه محمدی

مدیر انتشارات آریانا قلم

فهرست مطالب

پیش گفتار مترجم ۱۱
فصل اول مقدمه‌ای بر نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان ۱۵
۲.۱. نگهداری و تعمیرات و RCM ۲۳
۳.۱. RCM : هفت پرسش اصلی ۲۴
۴.۱. اعمال نمودن فرآیند RCM ۳۷
۵.۱. دستاوردهای RCM ۴۱
فصل دوم کارکردها ۴۵
۱.۲. تشریح کارکردها ۴۶
۲.۲. استانداردهای عملکرد ۴۷
۳.۲. شرایط عملیات ۵۶
۴.۲. انواع مختلف کارکرد ۶۵
۵.۲. نحوه فهرست نمودن کارکردها ۸۱
فصل سوم شکست‌های کارکردی ۸۳
۱.۳. شکست ۸۴
۲.۳. شکست‌های کارکردی ۸۵
فصل چهارم بررسی حالات و اثرات شکست (FMEA) ۹۵
۱.۴. حالت خرابی یعنی چه؟ ۹۶
۲.۴. چرا باید حالات شکست را بررسی نمود؟ ۹۸
۳.۴. دسته‌بندی حالات شکست ۱۰۲
۴.۴. جزئیات لازم ۱۱۳
۵.۴. اثرات شکست ۱۲۷
۶.۴ منابع اطلاعاتی درباره حالات و اثرات ۱۳۳
۷.۴. سطوح بررسی‌ها و کاربرگ اطلاعات ۱۳۷
فصل پنجم پیامدهای شکست ۱۵۱
۱.۵. توجیه‌پذیری فنی و مقرون به صرفه بودن ۱۵۲
۲.۵. کارکردهای آشکار و پنهان ۱۵۴
۳.۵. پیامدهای ایمنی و محیط‌زیستی ۱۵۶
۴.۵. پیامدهای عملیاتی ۱۶۹
۵.۵. پیامدهای غیرعملیاتی ۱۷۶
۶.۵. پیامدهای شکست پنهان ۱۸۰
۷.۵. جمع‌بندی ۲۰۲
فصل ششم نگهداری و تعمیرات پیش‌اقدام ۱: فعالیت‌های پیش‌گیرانه ۲۰۵
۱.۶. توجیه‌پذیری فنّی و فعالیت‌های پیش‌اقدام ۲۰۵
۲.۶. عمر و فرسودگی ۲۰۶
۳.۶. شکست‌های وابسته به عمر و نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه ۲۱۱
۴.۶. بازسازی زمان‌بندی شده و از رده خارج کردن زمان‌بندی شده ۲۱۲
۵.۶. شکست‌های غیروابسته به عمر ۲۲۱
فصل هفتم نگهداری و تعمیرات پیش‌اقدام ۲: فعالیت‌های پیش‌گویانه ۲۲۷
۱.۷. شکست‌های بالقوه و نگهداری و تعمیرات اقتضائی ۲۲۷

۲.۷. فاصلهٔ P-F ۲۲۹
۳.۷. توجیه‌پذیری فنی فعالیت‌های اقتضائی ۲۳۴
۴.۷. دسته‌بندی تکنیک‌های اقتضائی ۲۳۴
۵.۷. فعالیت‌های اقتضائی: برخی از تله‌ها ۲۴۲
۶.۷. منحنی‌های خطی و غیرخطی P-F ۲۴۴
۷.۷. چگونگی تعیین فاصلهٔ P-F ۲۵۲
۸.۷. مقرون به صرفه بودن فعالیت‌های اقتضائی ۲۵۶
۹.۷. انتخاب فعالیت پیش‌اقدام ۲۵۸
فصل هشتم اقدامات پیش‌فرض ۱: فعالیت‌های جستجوی شکست ۲۶۳
۱.۸. اقدامات پیش‌فرض ۲۶۳
۲.۸. جستجوی شکست ۲۶۵
۳.۸. فواصل زمانی فعالیت‌های جستجوی شکست ۲۷۰
۴.۸. توجیه‌پذیری فنی جستجوی شکست ۲۸۴
فصل نهم سایر اقدامات پیش‌فرض ۲۸۷
۱.۹. عدم‌نیاز به نگهداری و تعمیرات زمان‌بندی شده ۲۸۷
۲.۹. بازطراحی ۲۸۸
۳.۹. کنترل هنگام قدم‌زدن در اطراف سایت ۳۰۱
فصل دهم دیاگرام تصمیم‌گیری RCM ۳۰۳
۱.۱۰. ترکیب نمودن پیامدها و فعالیت‌ها ۳۰۳
۲.۱۰. فرآیند تصمیم‌گیری RCM ۳۰۳
۳.۱۰. کامل کردن کاربرگ تصمیم‌گیری ۳۱۵
۴.۱۰. کامپیوتر و RCM ۳۱۷
فصل یازدهم پیاده‌سازی توصیه‌های RCM ۳۱۹
۱.۱۱. پیاده‌سازی - گام‌های کلیدی ۳۱۹
۲.۱۱. ممیزی RCM ۳۲۲
۳.۱۱. شرح فعالیت‌ها ۳۲۸
۴.۱۱. پیاده‌سازی تغییرات یک‌بار برای همیشه ۳۳۱
۵.۱۱. بسته‌های کاری ۳۳۳
۶.۱۱. سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل نگهداری و تعمیرات ۳۳۸
۷.۱۱. گزارش‌دهی عیوب ۳۴۹
فصل دوازدهم تحلیل آماری و اطلاعات شکست ۳۵۳
۱.۱۲. شش الگوی شکست ۳۵۳
۲.۱۲. اطلاعات سوابق فنی ۳۷۱
فصل سیزدهم به‌کارگیری فرآیند RCM ۳۸۷
۱.۱۳. چه کسی می‌داند؟ ۳۸۷
۲.۱۳. گروه‌های بازبینی RCM ۳۹۳
۳.۱۳. سرپرست گروه (هماهنگ‌کننده) ۳۹۸
۴.۱۳. راهبردهای پیاده‌سازی ۴۰۶
۵.۱۳. RCM در درازمدت ۴۱۵
۶.۱۳. چگونه نباید RCM را اعمال نمود ۴۱۷
۷.۱۳. ایجاد مهارت در RCM ۴۲۴
فصل چهاردهم دستاوردهای RCM ۴۲۷
۱.۱۴. اندازه‌گیری میزان کارائی نگهداری و تعمیرات ۴۲۷

۲.۱۴. اثربخشی نگهداری و تعمیرات ۴۲۸
۳.۱۴. راندمان نگهداری و تعمیرات ۴۴۸
۴.۱۴. آن‌چه RCM به‌دست می‌آورد ۴۵۲
فصل پانزدهم تاریخچه کوتاهی از RCM ۴۶۷
۱.۱۵. تجربه خطوط هوایی ۴۶۷
۲.۱۵. تکامل RCM2 ۴۷۱
۳.۱۵. سایر ویرایش‌های RCM و استاندارد SAE ۴۷۴
پیوست ۱ سلسله مراتب تجهیزات و نمودارهای بلوک‌های کارکردی ۴۷۹
پیوست ۲ خطای انسانی ۴۹۱
پیوست ۳ زنجیره‌ای از ریسک ۵۰۳
پیوست ۴ تکنیک‌های پایش وضعیت ۵۱۱
۱. مقدمه ۵۱۱
۲. دسته‌بندی تکنیکهای پایش وضعیت ۵۱۲
۳. پایش وضعیت دینامیکی ۵۱۵
۴. پایش ذرات ۵۳۱
۵. پایش شیمیایی ۵۴۴
۶. پایش اثرات فیزیکی ۵۷۱
۷. پایش درجه حرارت ۵۸۷
۸. پایش اثرات الکتریکی ۵۹۱
۹. یادداشتی دربارهٔ نشتی ۶۰۵
فهرست منابع ۶۰۶

پیش گفتار مترجم

با مبحث RCM هنگامی که درس مدیریت نگهداری و تعمیرات پروفسور اندرو جاردین در دانشگاه تورنتو را می‌گذراندم آشنا شدم. در حین تدریس آن درس، پروفسور جاردین اشاره‌ای گذرا به تعریف و کاربرد RCM نمود به طوری که من به اهمیت آن کاملاً واقف نشدم. حدود دو سال بعد هنگامی که جان موبری بنیانگذار RCM صنعتی یا همان RCM II درگذشت، در دوره آموزش RCM II که در دانشگاه تورنتو برگزار شده بود شرکت کردم. آنجا بود که به علت تعمق بیشتر و تمرینات عملی در کلاس به قابلیت و توانمندی شگرف این ابزار در ایجاد برنامه کامل نگهداری و تعمیرات یا بهتر بگویم بعنوان روشی کلیدی در مدیریت دارایی‌های فیزیکی سازمان‌ها پی بردم. بعد از اتمام دوره، کتاب RCM II را خریده وبه دقت مشغول به خواندن آن شدم. به علت ارتباطات کاری که با صنایع ایران و آشنایی که از وضعیت مدیریت دارایی‌های فیزیکی در کشور داشتم می‌دانستم که چنین کتابی می‌تواند برای کسانی که دغدغه بهبود این وضعیت را دارند موثر باشد. با توجه به متن فنی مشکل این کتاب، استفاده از متن انگلیسی آن برای اکثر مخاطبین دشوار می‌بود و این موضوع مرا برآن داشت که تصمیم به ترجمه آن به زبان فارسی بگیرم. در ابتدا به علت همزمانی مشغله‌های کاری، درسی، و تحقیقاتی کار ترجمه به کندی پیش می‌رفت. خوشبختانه آشنایی من با مهندس رضا آزادگان باعث سرعت‌دهی بسیار به این فرایند شد. ایشان با دقت وحوصله فراوان به کمک من آمده و بعد از حدود ۳ سال کتابی که در پیش‌رو دارید تکمیل شد. بدون شک بدون کمک‌ها و زحمات مهندس آزادگان آماده‌سازی این کتاب چندین سال به تاخیر می‌افتاد.

RCM را شاید بتوان توانمندترین ابزار تعریف فعالیت‌های نت، تعیین فواصل انجام آن‌ها، و نحوه اجرای آن‌ها دانست. این ابزار که برای اولین بار در صنایع هوایی آمریکا ایجاد شد، توانست میزان سقوط‌های متاثر از نقص فنی هواپیماهای مسافربری را از حدود ۴۰ سقوط در یک میلیون پرواز به حدود ۰/۱ سقوط در یک میلیون پرواز کاهش دهد. برای راحت‌تر شدن درک موضوع باید گفت که اگر این کاهش چشمگیر ۴۰۰ برابری صورت نمی‌گرفت امروزه ما باید انتظار سقوط یک هواپیمای ۷۴۷ در هر روز را می‌داشتیم.

همین موفقیت اعجاب‌آور باعث شد که امروزه RCM II که نسخه طراحی شده برای صنایع عمومی RCM اولیه می‌باشد در همه صنایع و اکثر کشورها پیاده‌سازی شود. آهنگ پیاده‌سازی RCM II در طی سال‌های اخیر نه تنها کند نشده بلکه شدت نیز گرفته است که مدیون فوایدی است که این ابزار برای سازمان‌ها به ارمغان آورده است.
مهم‌ترین فواید پیاده‌سازی RCM II را شاید بتوان درشش گروه کلی طبقه‌بندی و خلاصه کرد:

۱- افزایش قابلیت دسترس‌پذیری دستگاه‌ها و ظرفیت تولید
۲- کاهش هزینه‌های نت، خرابی دستگاه‌ها و عملیاتی
۳- کاهش چشمگیر حوادث صدمه زننده به ایمنی و محیط زیست
۴- افزایش طول عمر تجهیزات
۵- کاهش قابل توجه فعالیت‌های اضطراری سازمان
۶- ایجاد فرهنگ همکاری در بین همه گروه‌ها و همچنین فضای برنامه‌ریزی و عملکردی بیش‌اقدام، این فرهنگ تنها به واحد نت محدود نمانده بلکه در سایر واحدها از قبیل عملیات، مهندسی، تامین قطعات یدکی شکل گرفته و در نهایت به کل سازمان تسری می‌یابد.

همان‌طور که نابرده رنج گنج میسر نمی‌شود ، باید توجه نمود که رسیدن به فواید بالا دانش، تلاش، و بصیرت می‌طلبد. علاوه بر این، RCM برای رسیدن به نتیجه کامل به حمایت همه جانبه مدیریت ارشد سازمان نیاز دارد. شاید بتوان به جرات گفت هیچ یک از پروژه‌های بهبود جدی در سازمان‌ها بدون عوامل ذکر شده بالا به نتیجه دلخواه نخواهد رسید و RCM هم مستثنی از این قاعده نیست.
لازم به ذکر است که علی‌رغم نبود حق ناشر برای کتب خارجی در ایران، از ابتدا با تماس با شرکت آلادان که پدیدآورنده متدولوژی RCM II و صاحب حق تألیف نسخه انگلیسی این کتاب است، قرار بر این شد که ترجمه این کتاب با رضایت این شرکت انجام بپذیرد. همراهی‌های دوست گرامی‌ام پاول لنتیر مدیرعامل شرکت آلادان در به ثمر رسیدن این تلاش‌ها نقش کلیدی ایفا نمود.

در پایان جا دارد از همراهی شرکت وزین آریانا در ویرایش و چاپ این کتاب تشکر کنم. شرکت آریانا در سال‌های گذشته منشأ خدمات زیادی در آموزش و مشاوره در زمینه مدیریت دارایی‌های فیزیکی در ایران بوده است. امید دارم که این زحمات باعث ایجاد فرهنگ صحیح استفاده و نگهداری دارایی‌های فیزیکی در کشور شود.
همچنین از مهندس شعله موسوی و مهندس مجتبی اسدی که در کار ویرایش این کتاب اینجانب را یاری نمودند و الهام زواشکیانی که در مراحل اولیه ترجمه کتاب مشارکت داشت تشکر فراوان دارم.
با علم به اینکه هر کاری ایراداتی دارد، قبلاً از همه خوانندگان گرامی عذرخواهی نموده و خواهشمندم که ما را از پیشنهادات و نکات اصلاحی محروم نفرمایید.

علی زواشکیانی
مدیر برنامه‌های آموزشی و پروژه‌های صنعتی
مرکز مدیریت دارایی‌های فیزیکی دانشگاه تورنتو
مهرماه ۱۳۸۹

فصل اول

مقدمه‌ای بر نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

۱.۱. دنیای پویای نگهداری و تعمیرات

در بیست سال گذشته نگهداری و تعمیرات (نت) شاید بیش از هر رشته مدیریتی دیگری دستخوش تغییرات شده است. این تغییرات به علت افزایش قابل توجه تعداد و تنوع تجهیزات فیزیکی (کارخانه‌ها، تجهیزات و ساختمان‌ها) است که در سراسر دنیا باید نگهداری و تعمیر شوند. افزایش تعداد طرح‌های پیچیده، تکنیک‌های جدید نگهداری و تعمیرات و نیز تغییر نگرش به سازمان و مسئولیت‌های نگهداری و تعمیرات نیز باعث گسترش این تغییرات شده‌اند.

نگهداری و تعمیرات همچنین به تغییر انتظارات واکنش نشان می‌دهد. این تغییرات شامل رشد سریع آگاهی درباره وسعت تأثیر شکست[1] (خرابی) تجهیزات بر ایمنی و محیط‌زیست، رشد آگاهی از رابطه میان کیفیت محصول و نت، و افزایش فشار برای رسیدن به ماشین‌هایی با دسترس‌پذیری بالا و کنترل هزینه‌ها است.

این تغییرات، روش‌ها و مهارت‌های صنعتی را تا سر حد محدودیت‌های‌شان به چالش کشیده‌اند. پرسنل نگهداری و تعمیرات، همچنین مدیران و مهندسان، باید خود را به طور کامل با روش‌های جدید تفکر و عملیات وفق دهند. در همین حال، محدودیت‌های سیستم‌های نگهداری و تعمیرات، بدون در نظر گرفتن اینکه به چه اندازه از کامپیوتر استفاده می‌کنند، به وضوح ظاهر می‌شوند.

1- Failure

در مقابله با این هجوم تغییرات، مدیران همه جا به دنبال رویکردهای جدیدی برای نگهداری و تعمیرات هستند. آن‌ها می‌خواهند از شروع‌های نادرست و عاقبت‌های ناموفقی جلوگیری کنند که همیشه با تحولات عظیم همراه هستند. در عوض آن‌ها در پی چارچوب استراتژیکی هستند تا با کمک آن بتوانند تحولات جدید را در الگویی مشترک ترکیب کرده، به طور محسوس ارزیابی نموده و آن‌هایی را که احتمالاً بیشترین ارزش را خواهند داشت در شرکت‌های‌شان بکار گیرند.

این کتاب فلسفه‌ای را شرح می‌دهد که دقیقا چنین چهارچوبی را ارایه می‌نماید و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان[1] یا RCM نامیده می‌شود.

اجرای درست RCM ، منجر به تغییر روابط سازمانی، تجهیزات و دارایی‌های فیزیکی، کاربران تجهیزات و افراد مجری نگهداری و تعمیر می‌شود. علاوه بر این شروع استفاده از تجهیزات جدید را با سرعت، اطمینان و دقت بالا ممکن می‌سازد.

این فصل توضیح مختصری در مورد RCM داده و با نگاهی بر چگونگی تحول نگهداری و تعمیرات در ۶۰ سال گذشته آغاز می‌شود.

از دهه ۱۹۳۰ سیر تکاملی نگهداری و تعمیرات را می‌توان در سه نسل ترسیم نمود. RCM به سرعت در حال تبدیل شدن به بنیاد اساسی نسل سوم است، اما این نسل را فقط می‌توان از منظر و گذر نسل‌های اول و دوم مشاهده نمود.

نسل اول

نسل اول دورهٔ قبل از جنگ جهانی دوم است. در آن روزها صنعت کاملاً ماشینی نشده بود، و در نتیجه زمان توقف اهمیت زیادی نداشت. بدین معنی که پیشگیری از خرابی تجهیزات اهمیت زیادی برای بیشتر مدیران نداشت. همچنین بیشتر تجهیزات ساده ولی در عین حال تعداد زیادی از آن‌ها بسیار قوی‌تر از آن‌چه نیاز بود طراحی شده بودند، که همین امر باعث می‌شد قابل اطمینان باشند و به سهولت بتوان آن‌ها را تعمیر کرد. در نتیجه نیازی به نگهداری و تعمیرات سیستماتیک فراتر از تمیز کاری، سرویس‌کاری و روغن‌کاری عادی نبود. همچنین در آن زمان نیاز به مهارت نیز بسیار کمتر از امروز بود.

1- Reliability Centered Maintenance

نسل دوم

همه چیز به صورت سلسله‌وار در طول جنگ جهانی دوم تغییر کرد. فشار زمان جنگ تقاضا برای هر نوع کالایی را افزایش داد، این در حالی بود که منابع نیروی انسانی صنعتی نیز به شدت افت نمود. همین عامل باعث افزایش مکانیزه شدن صنعت شد. در دهه ۱۹۵۰ انواع ماشین‌آلات پیچیده‌تر و متنوع‌تر شد که همین موضوع منجر به آغاز وابستگی صنعت به ماشین شد.

با رشد این وابستگی، تمرکز روی زمان توقف بیشتر و مهم‌تر شد. این موضوع باعث به وجود آمدن این تفکر شد که باید از خرابی تجهیزات جلوگیری نمود که خود منتهی به مفهوم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه شد. در دهه ۱۹۶۰، این مفهوم بیشتر شامل انجام تعمیر اساسی بر روی تجهیزات در فواصل زمانی ثابت می‌شد.

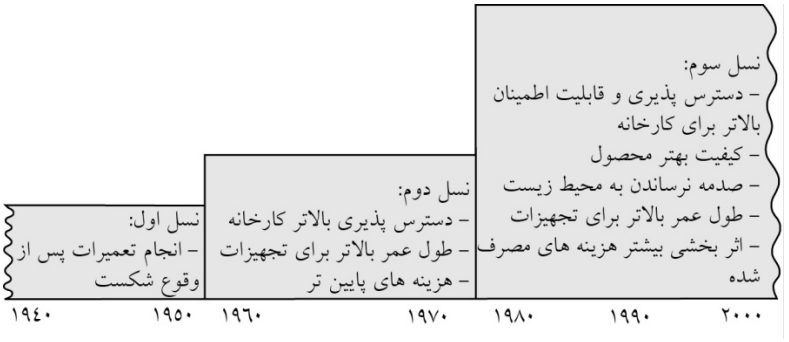
افزایش تدریجی هزینه نگهداری و تعمیرات به نسبت هزینه سایر فعالیت‌ها نیز باعث رشد سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل نگهداری و تعمیرات شد. همین سیستم‌ها کمک بزرگی به تحت کنترل درآوردن نگهداری و تعمیرات نمودند و امروزه بخش مهمی از نگهداری و تعمیرات هستند. در نهایت، حجم سرمایه موجود در تجهیزات ثابت به علاوه رشد سریع هزینه‌های سرمایه، موجب تفکر در مورد راه‌های افزایش عمر تجهیزات شد.

نسل سوم

از اواسط دهه ۱۹۷۰، فرآیند تغییر در صنعت حتی شتاب بیشتری گرفت. این تغییرات را می‌توان تحت عناوین *انتظارات، پژوهش‌ها وتکنیک‌های جدید* دسته‌بندی نمود.

انتظارات جدید

شکل ۱.۱ نشان می‌دهد که چگونه این انتظارات جدید از نگهداری و تعمیرات رشد نمودند.



شکل ۱.۱: رشد انتظارات از نگهداری و تعمیرات

زمان‌های توقف به واسطه کاهش نرخ تولید، افزایش هزینه‌های عملیات، و تأثیراتشان بر کیفیت خدمات به مشتریان، بر قدرت بهره‌وری تجهیزات و دارایی‌های فیزیکی اثر می‌گذارند. در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی، این موضوع یکی از دغدغه‌های اصلی بخش‌های معدن، حمل‌ونقل و ساخت و تولید بود. با حرکت جهانی به سمت سیستم‌های تولید بهنگام[1]، آثار منفی توقف تولید بیشتر نمایان می‌شود زیرا که با کاهش مواد و قطعات در انبار، حتی یک خرابی کوچک در تجهیزات ممکن است بر کل روند تولید کارخانه تأثیرگذار باشد. در سال‌های اخیر، رشد مکانیزاسیون و اتوماسیون بدین معنی بوده است که اکنون قابلیت اطمینان و دسترس‌پذیری از مسائل کلیدی بخش‌های مختلف مانند بهداشت و درمان، پردازش اطلاعات، مخابرات، و مدیریت ساختمان نیز هستند.

همچنین اتوماسیون بیشتر، به معنی آن است که شکست دستگاه‌ها به طور روزافزون بر توانایی ما در حفظ استانداردهای کیفیت دلخواه تأثیر می‌گذارد. این موضوع همان‌طور که بر استانداردهای تولید اثرگذار است، بر استانداردهای خدمات نیز تأثیر خواهد داشت.

1- Just-in-time

به عنوان نمونه، خرابی تجهیزات همان‌قدر که می‌تواند بر دستیابی به تلرانس‌های تعیین شده در ساخت و تولید تأثیرگذار باشد، بر روی سیستم تهویه مطبوع ساختمان و یا تأخیر در سیستم حمل‌ونقل نیز می‌تواند مؤثر باشد.

تعداد بیشتری از شکست‌ها دارای پیامدهای جدی ایمنی و محیط‌زیستی خواهند بود، و این در حالی است که استانداردهای این بخش‌ها به سرعت در حال ارتقا و سخت‌گیری بیشتر هستند. در برخی قسمت‌های جهان به مرحله‌ای رسیده‌ایم که سازمان‌ها یا خود را با انتظارات ایمنی و محیط زیستی جامعه تطبیق می‌دهند و یا اینکه باید دست از کار بکشند. این موضوع باعث تشدید وابستگی ما به سلامت و تمامیت دارایی‌های فیزیکی می‌شود. چنین وضعیتی دیگر فراتر از هزینه‌های مالی صرف است و به سادگی می‌تواند بر روی بقای سازمان تأثیرگذار باشد.

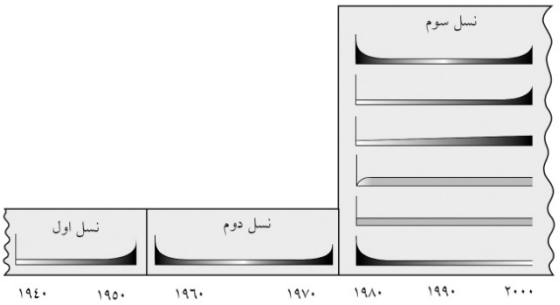
در حالی که وابستگی ما به تجهیزات فیزیکی افزایش می‌یابد، هزینه‌های مالکیت و عملیات این دارایی‌ها نیز در حال رشد است. برای تضمین بالاترین نرخ بازگشت سرمایه، باید بتوانیم از دارایی‌های فیزیکی تا زمان مورد نیاز به طور موثر استفاده نماییم. در نهایت خود هزینه‌های نگهداری و تعمیرات چه به صورت مطلق و چه نسبت به کل هزینه‌ها هنوز در حال افزایش است. در برخی از صنایع، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات دارای رتبه دوم و یا حتی اول در میان هزینه‌های عملیاتی است. در نتیجه، تنها در عرض سی سال نگهداری و تعمیرات از مرحله‌ای که هیچ اهمیتی نداشت به صدر جدول اولویت‌های کنترل هزینه رسیده است.

پژوهش‌های جدید

جدا از بحث افزایش انتظارات، پژوهش‌های جدید، بسیاری از باورهای اصلی ما درباره عمر و شکست (خرابی) را تغییر داده‌اند. به طور خاص، آشکار شده است که برای بیشتر تجهیزات ارتباط میان افزایش عمر کاری و احتمال خرابی تجهیزات کمتر از میزانی است که قبلاً می‌پنداشتیم. شکل ۲.۱ نشان می‌دهد که چگونه در ابتدا به سادگی تصور می‌شد که با افزایش عمر تجهیزات احتمال شکست آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. آگاهی

بیشتر درباره شکست‌های زود هنگام باعث شد تا در نسل دوم اعتقاد فراگیری نسبت به اهمیت منحنی وانی شکل[1] ایجاد شود.

اما پژوهش‌های نسل سوم در عمل نشان داد که نه یک یا دو بلکه واقعاً شش الگوی شکست (خرابی) وجود دارند. چنانکه در این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت یکی از نتایجی که از این پژوهش‌ها حاصل می‌شود آگاهی فزاینده‌ای دربارهٔ این موضوع است که با وجود اینکه ممکن است فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات سنتی درست مطابق برنامه انجام شوند، با این حال بسیاری از آن‌ها عملاً مفید نیستند، و ممکن است بعضی از آن‌ها با تولید نیز تداخل داشته یا حتی خطرناک باشند. این موضوع به طور خاص در مورد بسیاری از فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه صادق است. از طرف دیگر، بسیاری از فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات که برای عملیات ایمن سیستم‌های پیچیده صنعتی ضروری است در برنامه‌های نت وجود ندارند.



شکل ۲.۱: تغییر تصور درباره الگوی شکست (خرابی) تجهیزات در طی دهه‌های گذشته

به عبارت دیگر، به طور کلی صنایع توجه بسیار زیادی صرف انجام صحیح فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات می‌نمایند (انجام صحیح فعالیت)، در حالی که آن‌ها باید بیش‌تر، به این موضوع توجه کنند و اطمینان یابند که فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده آیا همان چیزی هستند که باید واقعاً انجام شود (انجام فعالیت صحیح).

1- Bathtub Curve

تکنیک‌های جدید

مفاهیم و تکنیک‌های جدید نگهداری و تعمیرات، رشد چشمگیری داشته‌اند. طی بیست سال گذشته صدها تکنیک جدید ایجاد و توسعه یافته و هر هفته تکنیک‌های جدید بیشتری معرفی می‌شود.

شکل ۳.۱ نشان می‌دهد که چگونه تاکید کلاسیک بر تعمیرات اساسی[1] و سیستم‌های اجرایی ارتقا یافته و در نتیجه پیشرفت‌های جدید زیادی در زمینه‌های مختلف را با خود همراه کرده است.

این پیشرفت‌های جدید عبارتند از:

- ابزارهای کمکی برای تصمیم‌گیری مانند بررسی مخاطرات، بررسی حالات و اثرات شکست[2] و سیستم‌های خبره
- تکنیک‌های جدید نگهداری و تعمیرات مانند پایش وضعیت[3]
- طراحی تجهیزات با تاکید مضاعف بر قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر و نگهداری
- گرایش قابل توجه تفکر سازمانی به سمت مشارکت، کار گروهی و انعطاف‌پذیری.

شکل ۳.۱: تغییرات در تکنیک‌های نگهداری و تعمیرات

1- Overhaul
2- Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)
3- Condition Monitorimg

همان‌طور که قبلاً گفته شد امروزه یکی از اصلی‌ترین چالش‌های متخصصان نگهداری و تعمیرات تنها یادگیری این تکنیک‌های جدید نیست بلکه علاوه بر آن تصمیم‌گیری درباره ضرورت و کارآمدی هر یک از آن‌ها برای سازمان است. اگر تصمیم صحیحی اتخاذ شود احتمال ارتقای عملکرد تجهیز و به طور هم زمان ثابت نگاه داشتن و یا حتی کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات وجود دارد. و اگر تصمیم اشتباهی اتخاذ شود مشکلات جدیدی بوجود آمده و مشکلات قبل نیز بدتر خواهند شد.

چالش‌های پیش روی نگهداری و تعمیرات

اولین صنعتی که به طور سیستماتیک با این چالش‌ها روبرو شد صنعت هواپیمایی تجاری (غیرنظامی) بود. یکی از تعیین‌کننده‌ترین واکنش‌های آن‌ها درک این موضوع بود که باید به همان اندازه که برای انجام صحیح فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات تلاش می‌شود به انتخاب صحیح فعالیت‌ها نیز توجه شود. آگاهی از این موضوع منجر به فرآیند تصمیم‌گیری فراگیر شد که در داخل صنعت هوانوردی با عنوان MSG3 و در خارج از آن به عنوان نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان یا RCM شناخته می‌شوند.
هم‌اکنون تقریباً در تمامی زمینه‌های فعالیت بشر، RCM برای افراد مسئول دارایی‌های فیزیکی به همان اندازه حیاتی است که حسابداری دو طرفه برای مسئولین دارایی‌های مالی مهم است. جهت حفظ کارکرد دارایی‌های فیزیکی، هیچ تکنیک قابل مقایسه دیگری برای شناسایی حداقل فعالیت‌های صحیح و ایمن مورد نیاز به ویژه در موقعیت‌های بحرانی و خطرناک وجود ندارد. امروزه شناخت روزافزونی در سطح جهان از نقش RCM در تدوین استراتژی مدیریت دارایی‌های فیزیکی و اهمیت پیاده سازی صحیح آن به وجود آمد که باعث شده تا انجمن مهندسان خودروی آمریکا استاندارد SAE Standard JA1011 را با عنوان " معیار ارزیابی فرآیندهای نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان" منتشر نماید.
فرآیندهای تشریح شده در فصل‌های ۲ تا ۱۰ این کتاب مطابق با این استاندارد هستند. سایر قسمت‌های کتاب درباره چگونگی اعمال نمودن RCM، و چگونگی پیاده‌سازی

سیاست‌های مدیریت شکست مبتنی بر RCM است؛ علاوه به این درمورد برخی موضوعات تکنیکی مهم اطلاعات بیشتری ارائه شده است. در ادامه این فصل، RCM با جزئیات بیشتری معرفی می‌شود.

۲.۱. نگهداری و تعمیرات و RCM

از منظر مهندسی، مدیریت هر دارائی فیزیکی دارای دو جزء است. اول باید مورد نگهداری و تعمیرات قرار گیرد و هم‌چنین هر چند وقت یکبار ممکن است نیاز به تغییرات اصلاحی[1] داشته باشد.

نگهداری و تعمیر (maintain) به مفهوم باعث ادامه گشتن (cause to continue) در لغت نامه آکس

فورد و حفظ وضعیت فعلی (keep in an existing state) در لغت‌نامه وبستر تعریف شده است. پس نگهداری و تعمیرات به معنی "حفظ نمودن چیزی" است. از طرف دیگر، این توافق وجود دارد که اصلاح نمودن به معنی ایجاد تغییر می‌باشد. این تفاوت میان نت و تغییرات اصلاحی دارای معانی عمیقی است که به طور مفصل در فصول بعد مورد بحث قرار گرفته‌اند. اما در این قسمت تمرکز ما بر روی نگهداری و تعمیرات است.

وقتی ما شروع به نگهداری و تعمیر چیزی می‌کنیم، می‌خواهیم باعث ادامه چه چیزی شویم؟ وضعیت فعلی چیست که می‌خواهیم آنرا حفظ نماییم؟

پاسخ این سئوال‌ها را می‌توان در این حقیقت یافت که هر دارائی فیزیکی برای این به کار گرفته می‌شود چون کسی می‌خواهد توسط آن کاری را انجام دهد. به عبارت دیگر، انتظار می‌رود که کارکرد یا کارکردهای خاصی توسط تجهیز انجام شود. می‌توان نتیجه گرفت که وقتی ما تجهیزی را مورد نگهداری و تعمیر قرار می‌دهیم، می‌خواهیم وضعیتی را حفظ نماییم که در آن تجهیز به انجام آنچه کاربرانش می‌خواهند ادامه دهد.

نگهداری و تعمیرات: تضمین ادامه فعالیت دارائی‌های فیزیکی در انجام آن‌چه کاربرانشان از آن‌ها انتظار دارند

1- Modification

این‌که کاربران چه انتظاراتی دارند وابسته به این است که تجهیز دقیقاً در کجا و چگونه مورد استفاده قرار می‌گیرد (شرایط عملیات). بدین ترتیب می‌توان تعریف رسمی زیر را برای نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان بدست آورد:
نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان فرآیندی است برای تعیین آنچه باید انجام شود تا ادامه فعالیت دارائی فیزیکی در انجام آنچه کاربرانش در شرایط عملیاتی موجود می‌خواهند تضمین شود

۳.۱. *RCM* : هفت پرسش اصلی

فرآیند RCM به شرح زیر مستلزم پرسش هفت سوال درباره تجهیز یا سیستم مورد بررسی است:

- کارکرد[1]ها و استانداردهای عملکرد مربوطهٔ تجهیز در شرایط عملیاتی موجود چیست؟
- به چه صورت‌هایی ممکن است تجهیز از انجام کارکردهایش باز ایستد؟
- چه چیزی باعث وقوع هر کدام از شکست‌های (خرابی‌های) کارکردی می‌شود؟
- در زمان رخداد هر شکست چه اتفاقاتی روی می‌دهد؟
- هر شکست از چه نظرهایی اهمیت دارد؟
- برای پیش‌بینی یا پیش‌گیری از هر شکستی چه می‌توان انجام داد؟
- چه باید کرد اگر نتوان فعالیت پیش‌اقدام[2] مناسبی پیدا کرد؟

این پرسش‌ها در پاراگراف‌های بعد به طور مختصر و در فصول ۲ تا ۱۰ به طور کامل مورد بحث قرار گرفته‌اند.

1- Function
2- Proactive

کارکردها و استانداردهای عملکرد

پیش از اعمال نمودن فرآیند مورد استفاده برای تعیین آنچه باید انجام شود تا تضمین شود دارائی فیزیکی در شرایط عملیاتی موجود آنچه را که کاربرانش می‌خواهند را انجام خواهد داد، دو کار باید انجام داد:

- تعیین اینکه کاربران از تجهیز انتظار انجام چه کاری را دارند
- اطمینان از اینکه تجهیز دارای توانایی انجام خواسته کاربران است.

به همین دلیل اولین گام در فرآیند RCM تعریف کارکردهای هر تجهیز در شرایط عملیاتی‌اش، به علاوهٔ استانداردهای عملکرد مورد نظر است. آنچه کاربران ممکن است از تجهیزات انتظار داشته باشند را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

- *کارکردهای اولیه:* انتظارات ردهٔ اول از تجهیز را خلاصه می‌کنند. این دسته از کارکردها معمولاً مواردی مانند سرعت، نرخ خروج، ظرفیت حمل یا ذخیره‌سازی، کیفیت محصول و خدمات به مشتریان را در بر می‌گیرد.
- *کارکردهای ثانویه:* تصدیق می‌کند از هر تجهیزی انتظاراتی بیشتر از انجام کارکردهای اولیه وجود دارد. کاربران همچنین انتظاراتی در زمینه‌هایی مانند ایمنی، کنترل، آلودگی، راحتی، تمامیت سازه‌ای، صرفه‌جویی، حفاظت، راندمان عملیات، تطابق با مقررات محیط‌زیستی و یا حتی ظاهر تجهیز دارند.

کاربران تجهیزات معمولاً در بهترین موقعیتی قرار دارند که بتوانند درباره نقش هر تجهیز بر بهزیستی فیزیکی و مالی سازمان به عنوان یک کل اظهارنظر نمایند. پس بسیار ضروری می‌باشد که ایشان از ابتدا در فرآیند RCM مشارکت داده شوند.

اگر تعریف کارکردها به درستی انجام شود، معمولاً این مرحله به تنهایی تا یک سوم از کل زمان مورد نیاز برای فرآیند تحلیل RCM را لازم دارد. همچنین این مرحله معمولاً باعث می‌شود که گروه تحلیل‌گران، حجم بسیار زیادی از مطالب را درباره نحوه کارکرد واقعی تجهیزات بیاموزند.

کارکردها با جزئیات کامل در فصل دوم کتاب موشکافی شده‌اند.

شکست‌های کارکردی[1]

اهدف نگهداری و تعمیرات با توجه به کارکردها و انتظارات عملکرد مربوط به تجهیز تعریف می‌شوند. اما چگونه نگهداری و تعمیرات می‌تواند این اهداف را برآورده نماید؟ تنها اتفاقی که می‌تواند تجهیز را از عملکرد مطابق با استاندارد مورد نیاز کاربرانش متوقف نماید، نوعی از شکست (خرابی) است. نگهداری و تعمیرات با بکارگیری رویکردی مناسب برای مدیریت شکست‌ها می‌تواند به اهدافش نائل شود. اما پیش از اینکه بتوانیم ترکیب مناسبی از ابزارهای مدیریت شکست را بکار گیریم، باید بتوانیم انواع شکست‌های ممکن را شناسایی نماییم.

فرآیند RCM این کار را در دو مرحله انجام می‌دهد:

- در ابتدا، شناسایی چگونگی شرایط در وضعیت شکست
- سپس با پرسش از اینکه چه پیشامدهایی می‌توانند باعث ایجاد وضعیت شکست برای یک تجهیز شوند.

در دنیای RCM، این وضعیت‌های شکست به عنوان شکست‌های کارکردی شناخته می‌شوند چون وقتی رخ می‌دهند که تجهیز قادر به انجام یک کارکرد در حد استاندارد مورد نظر کاربر نباشد. این تعریف علاوه بر عدم توانایی کلی در انجام کارکرد، شکست‌های جزئی را هم در بر می‌گیرد که در آن‌ها تجهیز هنوز کار می‌کند ولی در سطح عملکردی غیرقابل قبول (شامل مواردی که تجهیز نمی‌تواند سطح قابل قبولی از کیفیت یا دقت را حفظ نماید) قرار دارد. واضح است که این وضعیت‌ها فقط وقتی قابل شناسایی هستند که کارکردهای تجهیز و استانداردهای عملکرد مربوطه تعریف شده باشند.

1- Functional Failure

حالات شکست[1]

همان‌طور که در پاراگراف پیشین ذکر شد، پس از اینکه هرکدام از شکست‌های کارکردی شناسایی شدند، قدم بعد تلاش در جهت شناسایی تمامی پیشامدهایی است که به طور معقولانه‌ای ممکن است باعث وقوع هر کدام از وضعیت‌های شکست (خرابی) شوند. از این پیشامدها می‌توان به حالات شکست تعبیر نمود. حالات شکست احتمالی معقول، شامل تمام آنهایی هستند که قبلا برای تجهیزات همانند در شرایط عملیاتی مشابه رخ داده‌اند، و یا شکست‌هایی که هم اکنون جهت جلوگیری از وقوعشان از روش‌های موجود نگهداری و تعمیرات استفاده می‌شود، و نیز شکست‌هایی که تاکنون رخ نداده‌اند ولی در شرایط کاری مورد بررسی به عنوان احتمالات واقعی می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.

فهرست سنتی حالات شکست، آنهایی را در بر می‌گیرد که به واسطه فرسودگی یا سایش و یا گسیختگی نرمال رخ می‌دهند. اما چنین فهرستی باید شامل شکست‌های ناشی از خطای انسانی (چه خطای اپراتور و چه خطای پرسنل نت)، و عیوب طراحی نیز باشد که در نتیجه بتوان تمام علل محتمل شکست تجهیزات را شناسایی نموده و به طور مناسبی پوشش داد. همچنین بسیار مهم است که علت هر شکستی با جزئیات کافی شناسایی شود تا اطمینان حاصل شود که زمان و انرژی بابت سعی در درمان نشانه‌های شکست به جای علل آن به هدر نرود. از طرف دیگر، اطمینان از عدم هدر رفتن زمان در خود بررسی‌ها به علت پرداختن بیش از حد به جزئیات نیز دارای اهمیت است.

اثرات شکست[2]

قدم چهارم در فرآیند RCM، مستلزم فهرست نمودن اثرات شکست می‌باشد که تشریح می‌نماید در زمان وقوع هرکدام از حالات شکست چه اتفاقاتی رخ می‌دهند. این شرح

1- Failure Moods
2- Failure ffects

اثرات شکست باید شامل تمامی اطلاعات مورد نیاز برای کمک به ارزیابی پیامدهای شکست از جمله موارد زیر شود:

- چه شواهدی حاکی از رخداد شکست است.
- شکست به چه صورت(هایی) می‌تواند تهدیدی برای ایمنی یا محیط‌زیست باشد.
- خرابی به چه صورت(هایی) می‌تواند بر روی تولید یا عملیات تأثیرگذار باشد.
- چه آسیب‌های فیزیکی‌ای توسط شکست ایجاد می‌شود.
- برای تعمیر شکست چه باید انجام شود.

حالات و اثرات شکست با جزئیات بیشتری در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفته‌اند. فرآیند شناسایی کارکردها، شکست‌های کارکردی، حالات و اثرات شکست اغلب فرصت‌های بسیار استثنائی و جالبی را برای ارتقای عملکرد و ایمنی، و همچنین حذف زوائد به دست می‌دهد.

پیامدهای شکست[1]

بررسی دقیق یک پیمانکاری متوسط صنعتی ممکن است منتهی به سه تا ده هزار حالت شکست احتمالی شود. این شکست‌ها هر کدام به روشی بر سازمان تأثیرگذار است، و در هر مورد نوع تأثیرات نیز ممکن است متفاوت باشند؛ مثلاً ممکن است بر روی عملیات تأثیر بگذارند. همچنین ممکن است تأثیراتی بر کیفیت محصول، خدمات به مشتریان، ایمنی یا محیط‌زیست داشته باشند. همه آنها برای تعمیر زمان‌بر بوده و نیاز به صرف هزینه دارند.

این پیامدها بیش‌ترین نقش را در تعیین مقدار تلاش لازم برای جلوگیری از وقوع هر کدام از شکست‌ها دارند. به عبارت دیگر، اگر یک شکست دارای پیامدهای خطرناکی باشد، ترجیحاً زمان و انرژی بیشتری برای اجتناب از رخداد آن صرف می‌نماییم. از طرف دیگر، اگر تأثیرات شکست کم و یا قابل اغماض باشد می‌توان هیچ نگهداری و تعمیری به جز تمیزکاری و روغن‌کاری‌های عادی برای آن در نظر نگرفت.

1- Failure Consequences

یکی از برجستگی‌های RCM در تصدیق اهمیت بیشتر پیامدهای شکست نسبت به ویژگی‌های فنی آن می‌باشد. در حقیقت RCM به وضوح تنها دلیل انجام هر فعالیت نگهداری و تعمیرات پیش‌اقدامی را در اجتناب یا کاهش پیامدهای شکست و نه فقط در جلوگیری از وقوع شکست به صورت فی‌نفسه می‌داند. فرآیند RCM این پیامدها را در چهار دسته به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌کند:

- **پیامدهای شکست‌های پنهان:** شکست‌های پنهان دارای اثرات مستقیم نمی‌باشند، ولی ممکن است که سازمان را با شکست‌های چندگانهٔ دارای پیامدهای خطرناک و اغلب فاجعه بار روبرو کنند (اکثر این گونه شکست‌ها مربوط به تجهیزات محافظی هستند که حالت شکست ایمن[1] ندارند).
- **پیامدهای ایمنی و محیط‌زیستی**: یک شکست اگر فردی را کشته یا زخمی کند، دارای پیامدهای ایمنی است. اگر منتهی به نقض استانداردی محیط‌زیستی در ابعاد شرکتی، منطقه‌ای، ملی یا بین المللی شود شکست دارای پیامدهای زیست محیطی است.
- **پیامدهای عملیاتی**: یک شکست دارای پیامدهای عملیاتی است اگر بر روی تولید (نرخ خروج، کیفیت محصول، خدمات به مشتریان، و یا هزینه‌های عملیات به علاوه هزینه‌های مستقیم تعمیر) اثرگذار باشد.
- **پیامدهای غیرعملیاتی**: شکست‌های آشکاری که در این دسته جای می‌گیرند، بر روی ایمنی یا تولید تأثیری ندارند و فقط هزینه‌های مستقیم تعمیر را موجب می‌شوند.

در ادامه خواهیم دید که چگونه RCM از این دسته‌بندی‌ها به عنوان مبنای یک چهارچوب استراتژیک برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات استفاده می‌نماید. RCM با استفاده از یک بررسی ساختاریافتهٔ پیامدهای حالات شکست (با توجه به دسته‌بندی فوق) اهداف عملیاتی، ایمنی و محیط‌زیستی واحد نگهداری و تعمیرات را با هم ترکیب و کمک می‌کند که ایمنی و محیط‌زیست نیز به مسیر اصلی جریان مدیریت نگهداری و تعمیرات وارد شوند.

1- Fail-safe

از سویی فرآیند ارزیابی پیامدها باعث کم‌رنگ‌تر شدن این ایده می‌شود که هر نوع شکستی آن‌قدر بد و نامطلوب است که حتماً باید از آن اجتناب نمود. در این مسیر، تمرکز متوجه آن دسته از فعالیت‌های نگهداری و تعمیراتی می‌شود که بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد سازمان داشته و باعث عدم صرف انرژی بر روی فعالیت‌های کم و یا بی‌تأثیر می‌شود. تفکر درباره روش‌های مختلف مدیریت شکست را به طور وسیع‌تری تشویق کرده و از تمرکز صرف بر پیش‌گیری از شکست می‌کاهد. تکنیک‌های مدیریت شکست را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

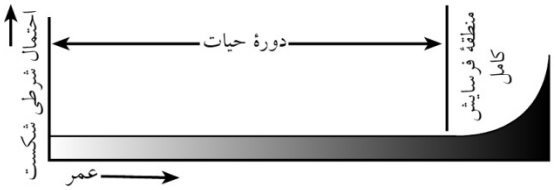
- ***فعالیت‌های پیش‌اقدام (آینده نگر)***[1]: اینها فعالیت‌هایی هستند که پیش از وقوع شکست و برای جلوگیری از وارد شدن به وضعیت شکست انجام می‌شوند. این فعالیت‌ها آنچه که به صورت سنتی به عنوان نگهداری و تعمیرات "پیشگویانه" و "پیش‌گیرانه" شناخته می‌شوند را در بر می‌گیرد، اگرچه بعداً خواهیم دید که RCM از عبارات *بازسازی زمان‌بندی شده*[2]، *از رده خارج نمودن زمان‌بندی شده*[3] و *نگهداری و تعمیرات اقتضایی*[4] استفاده می‌نماید.
- ***اقدامات پیش‌فرض***[5]: این اقدامات با خود وضعیت شکست سر و کار دارند و در زمانی انتخاب می‌شوند که امکان شناسایی فعالیت پیش‌اقدام مؤثری وجود ندارد. اقدامات پیش فرض شامل *جستجوی شکست*[6]، *بازطراحی*[7] و *کارکرد تا شکست*[8] است.

فرآیند ارزیابی پیامدها مجدداً در ادامهٔ این فصل به اختصار و در فصل پنجم به طور کامل شرح داده می‌شود. قسمت بعد با جزئیاتی بیشتر به فعالیت‌های پیش‌اقدام می‌پردازد.

1- Proactive Tasks
2- Scheduled Restoration
3- Scheduled Discard
4- On-Condition Maintenance
5- Default Actions
6- Failure-Finding
7- Redesign
8- Run-to-Failure

فعالیت‌های پیش‌اقدام

بسیاری از افراد هنوز بر این باورند که بهترین روش برای افزایش دسترس‌پذیری کارخانه انجام نوعی فعالیت پیش‌اقدام به صورت روتین است. دانش نسل دوم نگهداری و تعمیرات پیشنهاد می‌کند که این کار به وسیلهٔ نوعی تعمیرات اساسی یا تعویض قطعات در فواصل زمانی ثابت انجام گیرد. شکل ۴.۱ نشان‌گر نگاه به شکست با فواصل زمانی ثابت است.



شکل ۴.۱: نگاه سنتی به شکست

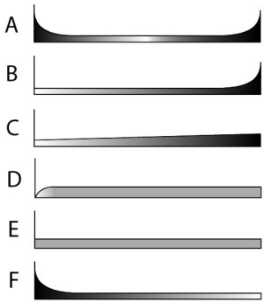
شکل ۴.۱ بر این فرض استوار است که بیشتر اقلام برای یک دورهٔ X به صورت قابل اطمینانی کار کرده و سپس دچار فرسایش می‌شوند. این باور کلاسیک بیان می‌کند که وجود داده‌های فراوان و کافی از خرابی، ما را قادر می‌سازد که بتوانیم این دوره زمانی را تعیین نموده و بتوانیم کمی قبل از شکست، اقدامات پیش‌گیرانه را انجام دهیم.

این مدل برای تعدادی از انواع تجهیزات ساده و برای برخی از اقلام پیچیده‌تر ولی دارای بعضی حالت شکست غالب، معتبر است. به طور خاص، ویژگی‌های فرسایشی را اغلب وقتی می‌توان یافت که تجهیز در برخورد مستقیم با محصول قرار دارد. همچنین اغلب شکست‌های وابسته به عمر مربوط به خستگی، خوردگی، سایش و تبخیر هستند.

اما به طور کلی هم‌اکنون تجهیزات بسیار پیچیده‌تر از بیست سال قبل شده‌اند. این موضوع چنانکه در شکل ۵.۱ نشان داده شده باعث ایجاد جهشی در الگوهای شکست شده است. این منحنی‌ها احتمال شرطی شکست را در مقایسه با عمر کاری برای اقلام مختلف الکتریکی و مکانیکی نشان می‌دهند.

الگوی A همان منحنی وانی شکل معروف است. این منحنی با احتمال زیاد وقوع خرابی شروع شده (که به عنوان شکست زودهنگام در زمان شروع به کار شناخته می‌شود)،

سپس با احتمال شرطی شکست ثابت و یا دارای افزایش کم ادامه یافته و سپس دوباره وارد مرحله فرسایش کامل تا خرابی می‌شود.
الگوی B احتمال شرطی شکست ثابت و یا با رشد کم را نشان می‌دهد که در نهایت مانند شکل ۴.۱ به یک محدوده فرسایش کامل تا شکست ختم می‌شود.



شکل ۵.۱: شش الگوی شکست

الگوی C نشانگر افزایش آرام احتمال شرطی شکست می‌باشد، ولی سن خاصی برای فرسایش که منتحی به شکست شود را نمی‌توان تشخیص داد. الگوی D احتمال شرطی شکست پایینی را برای اقلام نو که تازه وارد کار شده‌اند نشان می‌دهد، سپس یک افزایش سریع تا سطحی که احتمال ثابت بماند وجود دارد. این در حالی است که الگوی E یک احتمال شرطی شکست ثابت را در تمام مدت عمرش (شکست تصادفی) نشان می‌دهد. الگوی F با احتمال بالای شکست زودهنگام در زمان شروع به کار آغاز شده که بعد از مدتی افت نموده و به صورت احتمال شرطی شکست ثابت و یا دارای رشد کم در می‌آید.
مطالعات انجام شده بر هواپیماهای غیرنظامی نشان می‌دهد که ۴٪ اقلام با الگوی A مطابقت داشته، ۲٪ با الگوی B ، ۵٪ با الگوی C ، ۷٪ با D ، ۱۴٪ با E و حداقل ۶۸٪ با الگوی F مطابقت دارند. (البته تعداد اقلامی که در صنعت از این الگوها پیروی می‌کنند الزاماً مطابق با آنچه در صنعت هوایی دیده شده نخواهد بود، ولی شکی در این موضوع وجود ندارد که با هرچه پیچیده‌تر شدن سیستم‌ها، الگوهای E و F را نیز هرچه بیش‌تر خواهیم دید.)

این یافته‌ها در تقابل با این باور است که همیشه رابطه مستقیمی بین عمر کارکرد و قابلیت اطمینان وجود دارد. چنین باوری به این عقیده منتهی شده بود که هرچه تعمیرات اساسی بیشتری انجام شود، احتمال شکست نیز بیش‌تر کاهش می‌یابد. امروزه این ایده به ندرت صحیح است. محدودیت‌های سنی نقش بسیار کمی در افزایش قابلیت اطمینان اقلام پیچیده دارند، مگر این‌که حالت شکست غالبی وجود داشته باشد که وابسته به عمر باشد. در حقیقت تعمیرات اساسی حتی ممکن است به واسطه وارد کردن احتمال شکست زودهنگام در شروع به کار سیستم‌هایی که قبلاً به پایداری رسیده بودند، عملاً نرخ شکست واقعی را افزایش دهند.

آگاهی از این واقعیت‌ها باعث شده که برخی سازمان‌ها ایده نگهداری و تعمیرات پیش‌اقدام را به طور کامل رها کنند. در حقیقت این روش برای خرابی‌های دارای پیامدهای کوچک صحیح است. اما اگر پیامدهای شکست جدی‌تر باشند، حتماً باید در زمینهٔ پیشگیری یا پیش‌بینی وقوع‌شان و یا حداقل کاهش پیامدهای آن کاری انجام داد. این موضوع باعث بازگشت مجدد ما به پرسش درباره فعالیت‌های پیش‌اقدام می‌شود. چنان‌که قبلاً گفته شد، RCM فعالیت‌های پیش‌اقدام را به شرح زیر به سه دسته تقسیم می‌نماید:

- فعالیت‌های بازسازی زمان‌بندی شده.
- فعالیت‌های از رده خارج کردن زمان‌بندی شده.
- فعالیت‌های اقتضایی زمان‌بندی شده.

فعالیت‌های بازسازی و از رده خارج کردن زمان‌بندی شده

بازسازی زمان‌بندی شده شامل بازسازی و ساخت مجدد قطعه و یا تعمیر اساسی یک مجموعه قبل و یا در زمان محدودیت سنّی‌اش و بدون توجه به وضعیتش در آن زمان است. به طرز مشابهی، از رده خارج کردن زمان‌بندی شده شامل از رده خارج نمودن اقلام قبل و یا در زمان محدودیت سنی و بدون توجه به وضعیت‌شان است.

مجموعاً این دو نوع فعالیت را امروز با عنوان نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می‌شناسند. قبلاً این فعالیت‌ها گسترده‌ترین نوع نگهداری و تعمیراتی رایج بودند. به دلایلی که ذکر شد، امروز نسبت به بیست سال قبل، از این فعالیت‌ها بسیار کمتر استفاده می‌شود.

فعالیت‌های اقتضایی[1]

نیاز مداوم به جلوگیری از انواع خاصی از شکست، و افزایش عدم توانایی تکنیک‌های کلاسیک برای جلوگیری از آن‌ها، علل رشد انواع جدید مدیریت شکست هستند. قسمت عمده‌ای از این تکنیک‌ها بر این اصل استوارند که بسیاری از شکست‌ها در حدود زمانی وقوع‌شان نوعی از هشدار را از خود نشان می‌دهند. این هشدارها به عنوان شکست‌های بالقوه شناخته می‌شوند، و به صورت شرایط فیزیکی قابل تمایزی تعریف می‌شوند که نشان می‌دهند که یک شکست کارکردی روی خواهد داد و یا اینکه در حال وقوع است.
تکنیک‌های جدیدی برای کشف شکست‌های بالقوه مورد استفاده قرار می‌گیرند تا بتوان از پیامدهایی اجتناب ورزید که ممکن است در اثر ادامه وضعیت تا منتهی شدن به شکست کارکردی رخ بدهند. به این نوع تکنیک‌ها، فعالیت‌های اقتضایی گفته می‌شود چرا که تا زمانی که شرایط استاندارد عملکرد اقتضا نماید تجهیز در حال ادامه کار نگاه داشته می‌شود. (نگهداری و تعمیرات اقتضایی شامل نت پیشگویانه[2]، نت اقتضایی مبتنی بر وضعیت و پایش وضعیت[3] است.)
اگر از فعالیت‌های اقتضایی به طور مناسبی استفاده شود برای مدیریت خرابی بسیار مناسب است؛ ولی البته در برخی از شرایط می‌تواند اتلاف وقت پر هزینه‌ای باشد. RCM در این زمینه امکان تصمیم‌گیری با ضریب اطمینان بالایی را ارائه می‌کند.

1- On-condition Tasks
2- Predictive Maintenance
3- Condition Monitoring