

Maintenance and Reliability Best Practices

by: Ramesh Gulati

شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان

مترجمان:

میثم زمانیان یزدی

سعید رمضانی

دیباچه و سپاسگزاری ویرایش دوم

ویرایش نخست این کتاب در سال ۲۰۱۰ منتشر شد و از آن زمان چندین بار تجدید چاپ شده است. این کتاب بطور گسترده توسط متخصصان نگهداشت، عملیات، قابلیت اطمینان و ایمنی مطالعه شده و به عنوان مرجع آموزشی نگهداشت و قابلیت اطمینان در دوره های آموزشی کالج ها و دانشگاه های بسیاری استفاده شده است. کتاب در سال ۲۰۱۱ جایزه اول (مدال طلا) را در مسابقه کتاب RGVA، در بخش نگهداشت و قابلیت اطمینان، در مارتس^۱ شیکاگو بدست آورد.

در اینجا از پشتیبانی پیوسته خوانندگان کتاب، دوستان متخصص و همکارانم در مرکز توسعه مهندسی آرنولد (AEDC)^۲ و همچنین ژاکوب^۳ سپاسگزاری می کنم. ویرایش دوم نتیجه بازخوردهای ارزشمند شما است که از طریق پست الکترونیک، نامه، نظرات و مباحث حضوری در کنفرانس ها و جلسات مجامع تخصصی به دست من رسیده است.

علاقتمندم از دیوید هرست، والت بیشاپ، وی جی ناراین، شیلا سالیوان، اسکات بارتلت، بارت جونز، لین موران و دیگر همکارانم و همچنین مدیر مرکز توسعه مهندسی آرنولد در آتا (ATA)^۴ - ژاکوب برای پشتیبانی دائم (و همچنین مطالعه و بررسی دست نویس این کتاب) سپاسگزاری کنم. غیرمنصفانه خواهد بود اگر از کریستوفر میرز، یک مهندس جوان و پرانرژی، تشکر ویژه نکنم. کریستوفر اکنون مدیر بخش بهبود مستمر در AEDC است؛ او تنها در چند سال توانسته است به یک خبره در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان تبدیل شود. کریستوفر و من ساعت های بسیاری را برای بررسی انتقادی دست نویس این کتاب صرف کردیم تا کیفیت خروجی نهایی را بهبود دهیم. همچنین از ترنس اهالن^۵ از ریلایابیلیتی وب^۶، برای حمایت و تشویق های مداوم اش و همچنین برای نوشتن یک پیش گفتار استثنایی برای این کتاب، سپاسگزاری می کنم.

نمی خواهم فرصت قدردانی از جان کارلیو، ژانت رومانو و رابرت وینستین از اینداستریال پرس^۷، ناشر کتاب، برای ویرایش کتاب و همچنین صبوری شان در برابر تغییرات مداوم در زمان بندی من، را از دست بدهم. سرانجام، البته، همسرم پرابا و دخترم سونا برای حمایت های بی دریغ شان، که بدون آن نمی توانستم این کار ارزشمند را به پایان برسانم.

رامش گولاتی

¹ MARTS

² Arnold Engineering Development Center

³ Jacobs

⁴ Aerospace Testing Center

⁵ Terrence O'Hanlon

⁶ Reliabilityweb

⁷ Industrial Press

فهرست مطالب

فصل ۱.....	۱۵
معرفی راهکارهای برتر	۱۵
۱.۱- مقدمه: راهکار برتر چیست؟.....	۱۵
۲.۱- واژگان و تعاریف کلیدی	۱۷
۳.۱- راهکارهای برتر باید چه کاری در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان انجام دهند؟.....	۱۸
۴.۱. مثال هایی از بهینه کاوی ها در نگهداشت و قابلیت اطمینان.....	۲۰
۵.۱- آزمون پایه دانش نگهداشت و قابلیت اطمینان	۲۴
۶.۱- خلاصه.....	۳۳
۷.۱- پرسش های خودآزمایی	۳۴
۸.۱- منابع و مطالعات پیشنهادی	۳۵
فصل ۲.....	۳۶
فرهنگ و رهبری	۳۶
۱.۲- مقدمه	۳۶
۲.۲- واژگان و تعاریف کلیدی	۳۸
۳.۲- رهبری و فرهنگ سازمانی.....	۳۹
فرهنگ سازمانی چیست؟.....	۳۹
نقش رهبری در آفرینش و/یا پایداری سازی فرهنگ سازمانی	۴۱
۴.۲- چارچوب استراتژیک: چشم انداز، مأموریت و اهداف	۴۷
چشم انداز.....	۴۸
بیانیه های مأموریت	۵۰
استراتژی شرکتی	۵۳
۵.۲- مدیریت تغییر	۵۴
۶.۲- فرهنگ قابلیت اطمینان	۵۶

فرهنگ قابلیت اطمینان چیست؟	۵۶
فرهنگ قابلیت اطمینان – ایجاد و تداوم	۵۸
۷.۲- سنجه های عملکرد	۶۰
شایستگی ها	۶۲
۸.۲- خلاصه	۶۳
۹.۲- پرسش های خودآزمایی	۶۴
۱۰.۲. منابع و مطالعات پیشنهادی	۶۵
فصل ۳	۶۶
شناخت نگهداشت	۶۶
۱.۳. مقدمه	۶۶
نگهداشت چیست و چرا مهم است؟	۶۷
۲.۳. واژگان و تعاریف کلیدی	۶۸
۳.۳. رویکردهای نگهداشت	۷۱
نگهداشت مبتنی بر وضعیت (CBM)	۷۳
نگهداشت پیشگیرانه (PM)	۷۵
نگهداشت پیش کنشی	۷۶
نگهداشت اصلاحی (CM)	۷۷
۴.۳. سایر روش های نگهداشت	۷۸
نگهداشت مبتنی بر اپراتور (OBM)	۷۸
۵.۳. سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه: CMMS	۸۱
ماژول مدیریت دستور کار (WO)	۸۴
ماژول PM و CBM/PdM	۸۵
ماژول زمان بندی	۸۵
بهره وری و طراحی مبتنی بر کاربر	۸۶
تحلیل اطلاعات و گزارش دهی	۸۷

فناوری موبایل.....	۸۹
قیمت سامانه.....	۹۰
موانع استفاده از CMMS.....	۹۰
انتخاب CMMS مناسب.....	۹۱
چرا بسیاری از پروژه های CMMS شکست می خورند؟.....	۹۲
۶.۳ کیفیت نگهداشت.....	۹۵
کیفیت کار نگهداشت.....	۹۵
۷.۳ ارزیابی و بهبود نگهداشت.....	۹۶
شاخص های کلیدی عملکرد نگهداشت.....	۹۶
بهینه سازی فعالیت های نگهداشت.....	۹۸
۸.۳ خلاصه.....	۹۸
۹.۳ پرسش های خودآزمایی.....	۱۰۰
۱۰.۳ منابع و مطالعات پیشنهادی.....	۱۰۰
فصل ۴.....	۱۰۱
مدیریت کار.....	۱۰۱
برنامه ریزی و زمان بندی.....	۱۰۱
۱.۴ مقدمه.....	۱۰۲
۲.۴ واژگان و تعاریف کلیدی.....	۱۰۴
۳.۴ گردش کار و نقش ها.....	۱۰۷
۴.۴ طبقه بندی و اولویت بندی کار.....	۱۱۱
طبقه بندی فعالیت های کاری نگهداشت.....	۱۱۱
اولویت کار.....	۱۱۵
مدیریت کارهای انباشته.....	۱۱۷
۵.۴ فرآیند برنامه ریزی.....	۱۱۷
اصول برنامه ریزی.....	۱۱۸

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

درک کار.....	۱۱۹
نشانه های برنامه ریزی غیر اثربخش.....	۱۲۱
بالا بردن قابلیت های برنامه ریزی.....	۱۲۱
۶.۴ فرآیند زمان بندی.....	۱۲۴
شناخت اصول زمان بندی.....	۱۲۵
۷.۴ بازگردانی ها و توقف های کلی.....	۱۲۹
۸.۴ سنجش عملکرد.....	۱۳۳
۹.۴ خلاصه.....	۱۳۴
۱۰.۴ پرسش های خودآزمایی.....	۱۳۵
۱۱.۴ منابع و مطالعات پیشنهادی.....	۱۳۶
فصل ۵.....	۱۳۷
مدیریت مواد، قطعات و موجودی.....	۱۳۷
۱.۵ مقدمه.....	۱۳۷
۲.۵ واژگان و تعاریف کلیدی.....	۱۳۹
۳.۵ انواع موجودی.....	۱۴۱
طبقه بندی موجودی.....	۱۴۲
تحلیل (لایه بندی موجودی).....	۱۴۴
۴.۵ نقشه جانمایی فیزیکی و تجهیزات انبارش.....	۱۴۹
انبارش قطعات - مصالح و سیستم برگشت آنها.....	۱۵۲
۵.۵ ابزار و تکنیک های بهینه سازی.....	۱۵۶
سامانه کنترل موجودی مکانیزه.....	۱۵۶
مدیریت "طول عمر انبارداری" و نگهداشت پیشگیرانه برای کالاهای انبار شده.....	۱۵۷
صحت موجودی.....	۱۵۷
فرآیند آماده سازی قطعات.....	۱۵۹
هزینه های کل موجودی.....	۱۶۰

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تعداد سفارش اقتصادی (EOQ).....	۱۶۰
فناوری های جدید	۱۶۶
۶.۵ سنجش عملکرد.....	۱۶۸
۷.۵ خلاصه	۱۷۰
۸.۵ پرسش های خودآزمایی.....	۱۷۱
۹.۵ منابع و مطالعات پیشنهادی	۱۷۲
فصل ۶.....	۱۷۳
اندازه گیری و طراحی برای قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری	۱۷۳
۱.۶ مقدمه	۱۷۳
چستی و چرایی قابلیت اطمینان.....	۱۷۴
چرا قابلیت اطمینان مهم است؟.....	۱۷۶
قابلیت اطمینان در مقایسه با کنترل کیفیت	۱۷۶
۲.۶ واژگان و تعاریف کلیدی	۱۷۷
۳.۶ تعریف و اندازه گیری قابلیت اطمینان و اصطلاحات دیگر.....	۱۷۹
قابلیت دسترسی	۱۸۲
منحنی وانی شکل و توزیع قابلیت اطمینان	۱۸۴
توزیع شکست قابلیت اطمینان	۱۸۵
محاسبه قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی	۱۸۶
نمودار بلوکی قابلیت اطمینان (RBD).....	۱۹۰
افزونی فعال یا سیستم موازی	۱۹۱
مدل های قابلیت اطمینان m از n.....	۱۹۲
۴.۶ طراحی و ساخت برای نگهداشت و قابلیت اطمینان	۱۹۷
هزینه چرخه عمر دارایی	۱۹۷
الزامات و مشخصات قابلیت اطمینان	۱۹۹
عناصر کلیدی مشخصات قابلیت اطمینان	۲۰۰

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۲۰۲.....	رویکرد قابلیت اطمینان در طراحی
۲۰۵.....	۵.۶ خلاصه
۲۰۶.....	۶.۶ پرسش های خودآزمایی
۲۰۷.....	۷.۶ منابع و مطالعات پیشنهادی
۲۰۸.....	فصل ۷
۲۰۸.....	قابلیت اطمینان اپراتوری
۲۰۸.....	۱.۷ مقدمه
۲۱۱.....	۲.۷ واژگان و تعاریف کلیدی
۲۱۴.....	۳.۷ نقش واحد عملیات
۲۱۵.....	۴.۷ نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM)
۲۱۷.....	اهداف و مزایای TPM
۲۲۳.....	پیاده سازی TPM
۲۲۴.....	۵.۷ سازماندهی محیط کار: 5S
۲۲۵.....	S1: تفکیک – Sort (Seiri)
۲۲۵.....	S2: نظم و ترتیب – Set-in-Order (Seiton)
۲۲۸.....	S3: پاکیزه سازی – Shine (Seiso)
۲۲۹.....	S4: استانداردسازی – Standardize (Seiketsu)
۲۲۹.....	S5: پایدارسازی – Sustain (Shitsuke)
۲۳۰.....	۶.۷ اثربخشی کلی تجهیز (OEE)
۲۳۱.....	محاسبه OEE
۲۳۱.....	محاسبه TEEP
۲۳۵.....	۷.۷ معیارهای اندازه گیری عملکرد
۲۳۶.....	۸.۷ خلاصه
۲۳۸.....	۹.۷ پرسش های خودآزمایی
۲۳۹.....	۱۰.۷ منابع و مطالعات پیشنهادی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

فصل ۸.....	۲۴۰
بهبود سازی نگهداشت.....	۲۴۰
۱.۸ مقدمه.....	۲۴۰
۲.۸ واژگان و تعاریف کلیدی.....	۲۴۲
۳.۸ درک شکست ها و استراتژی های نگهداشت.....	۲۴۵
۴.۸ استراتژی نگهداشت - RCM.....	۲۴۷
تاریخچه و توسعه RCM.....	۲۴۷
اصول RCM.....	۲۴۹
اجزای RCM.....	۲۵۰
فرآیند تحلیل RCM.....	۲۵۱
دیگر فرآیندهای RCM.....	۲۶۶
مزایای RCM.....	۲۶۶
اثر RCM بر چرخه عمر تأسیسات.....	۲۶۷
۵.۸ استراتژی نگهداشت - CBM.....	۲۶۷
فناوری های CBM / PdM.....	۲۶۸
چرا باید برنامه CBM داشته باشیم؟.....	۲۹۷
۶.۸ سایر استراتژی های نگهداشت.....	۲۹۸
وظایف نگهداشت برای پیشگیری از شکست ها.....	۲۹۸
نگهداشت پیشگیرانه (PM).....	۲۹۹
کارکرد تا خرابی (RTF).....	۳۰۳
نکات نهایی در مورد بهبود سازی نگهداشت.....	۳۰۴
۷.۸ خلاصه.....	۳۰۴
۸.۸ پرسش های خودآزمایی.....	۳۰۵
۹.۸ منابع و مطالعات پیشنهادی.....	۳۰۶
فصل ۹.....	۳۰۷

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مدیریت عملکرد.....	۳۰۷
۱.۹ مقدمه	۳۰۷
مزایای اندازه گیری عملکرد.....	۳۰۹
۲.۹ واژگان و تعاریف کلیدی	۳۱۰
۳.۹ شناسایی معیارهای اندازه گیری عملکرد	۳۱۲
فرآیند توسعه معیارهای سنجش	۳۱۳
شاخص های پیشرو (توانمندساز) و تأخیری (نتایج)	۳۱۶
کارت امتیازی متوازن	۳۱۷
جنبه یادگیری و رشد	۳۱۹
جنبه فرآیند کسب و کار	۳۲۰
جنبه مشتری	۳۲۰
جنبه مالی	۳۲۱
۴.۹ جمع آوری داده و کیفیت داده	۳۲۲
۵.۹ بهینه کاوی و معیارهای مرجع	۳۲۳
بهینه کاوی چیست؟	۳۲۳
انواع بهینه کاوی	۳۲۴
متدولوژی بهینه کاوی	۳۲۵
چالش های بهینه کاوی	۳۲۵
ابتکار انجمن متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان (SMRP)	۳۲۷
۶.۹ خلاصه	۳۳۴
۷.۹ پرسش های خودآزمایی	۳۳۵
۸.۹ منابع و مطالعات پیشنهادی	۳۳۵
فصل ۱۰	۳۳۷
مدیریت نیروی کار	۳۳۷
۱.۱۰ مقدمه	۳۳۸

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۳۴۰.....	۲.۱۰ واژگان و تعاریف کلیدی.....
۳۴۲.....	۳.۱۰ چرخه عمر نیروی کار.....
۳۴۳.....	استخدام.....
۳۴۴.....	الهام بخشی.....
۳۴۴.....	تحسین.....
۳۴۴.....	بازنشستگی.....
۳۴۵.....	۴.۱۰ درک شکاف بین نسلی.....
۳۴۵.....	نسل ساکت.....
۳۴۶.....	نسل دوران ازدیاد.....
۳۴۷.....	نسل ایکس.....
۳۴۹.....	نسل ایگرگ.....
۳۵۱.....	۵.۱۰ مهارت‌های ارتباطی.....
۳۵۱.....	چرا ارتباطات مهم است.....
۳۵۲.....	فرآیند ارتباطات.....
۳۵۳.....	اهمیت گوش دادن.....
۳۵۶.....	جلسات تیمی مؤثر.....
۳۵۸.....	۶.۱۰ توسعه ی انسانی.....
۳۵۸.....	تحلیل وظایف شغلی (JTA).....
۳۶۲.....	آموزش برای توسعه مهارت ها.....
۳۶۷.....	۷.۱۰ مدیریت منابع و ساختار سازمانی.....
۳۷۵.....	۸.۱۰ اندازه گیری عملکرد.....
۳۷۶.....	۹.۱۰ خلاصه.....
۳۷۷.....	۱۰.۱۰ پرسش های خودآزمایی.....
۳۷۸.....	۱۱.۱۰ منابع و مطالعات پیشنهادی.....
۳۷۹.....	فصل ۱۱.....

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ابزارهای تحلیل و بهبود نگهداشت	۳۷۹
۱.۱۱ مقدمه	۳۷۹
۲.۱۱ واژگان و تعاریف کلیدی	۳۸۱
۳.۱۱ ابزارهای تحلیل علت ریشه ای نگهداشت	۳۸۵
تحلیل علت ریشه ای (RCA)	۳۸۵
تحلیل پنج چرا	۳۹۴
تحلیل علت و معلول (یا نمودار استخوان ماهی)	۳۹۵
تحلیل حالات و اثرات شکست (FMEA)	۳۹۹
درخت خطا	۴۱۰
۴.۱۱ ابزارهای شش سیگما و نگهداشت کیفیت	۴۱۰
شش سیگما و کیفیت	۴۱۰
تحلیل پارتو – اصول ۲۰/۸۰	۴۱۵
۵.۱۱ ابزارهای نگهداشت ناب	۴۱۷
پیش زمینه ناب	۴۱۸
نگهداشت ناب	۴۲۰
نگاشت جریان ارزش (VSM)	۴۲۲
۶.۱۱ سایر ابزارهای تحلیل و بهبود	۴۲۳
نظریه محدودیت ها	۴۲۴
تحلیل یا نمودار همبستگی	۴۲۵
تحلیل موانع (BA)	۴۲۷
۷.۱۱ خلاصه	۴۲۸
۸.۱۱ پرسش های خودآزمایی	۴۲۹
۹.۱۱ منابع و مطالعات پیشنهادی	۴۲۹
فصل ۱۲	۴۳۰
روندها و شیوه های کنونی	۴۳۰

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۴۳۱.....	۱.۱۲ مقدمه
۴۳۱.....	۲.۱۲ واژگان و تعاریف کلیدی
۴۳۴.....	۳.۱۲ پایداری، مدیریت انرژی و ابتکار سبز
۴۳۴.....	پایداری چیست؟
۴۳۷.....	مقررات و شیوه‌های دولتی کلیدی
۴۳۸.....	هزینه انرژی
۴۳۹.....	منابع انرژی و مصارف نهایی
۴۴۱.....	شیوه قدم زدن در کارگاه / کارخانه برای مشاهده مصرف انرژی
۴۴۲.....	ممیزی های انرژی و اندازه گیری مصرف انرژی
۴۴۲.....	استراتژی های کاهش مصرف انرژی و بهبود فرآیند
۴۴۷.....	۴.۱۲ ایمنی کارکنان، تسهیلات و قوس الکتریکی
۴۴۷.....	ارتباط ایمنی و قابلیت اطمینان
۴۴۸.....	ایجاد فرهنگ ایمنی و فرهنگی که اهمیت می دهد
۴۵۰.....	یک مدل فرآیندی ایمنی
۴۵۰.....	تبدیل کارکنان به رهبران ایمنی
۴۵۳.....	خطرات قوس الکتریکی
۴۵۷.....	۵.۱۲ مدیریت ریسک
۴۵۷.....	مدیریت ریسک چیست؟
۴۵۸.....	استانداردهای ایزو ۳۱۰۰۰
۴۵۹.....	هدف
۴۵۹.....	فرآیند مدیریت ریسک
۴۶۰.....	ارزیابی ریسک
۴۶۳.....	کاهش ریسک
۴۶۴.....	ایجاد یک برنامه مدیریت ریسک
۴۶۶.....	۶.۱۲ کنترل خوردگی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

خوردگی چیست؟	۴۶۶
کنترل و حفاظت از خوردگی	۴۶۷
۷.۱۲ مهندسی سیستم ها و مدیریت پیکربندی	۴۶۹
مهندسی سیستم ها (SE)	۴۷۰
مدیریت پیکربندی (CM)	۴۷۱
۸.۱۲ استانداردها و استانداردسازی	۴۷۳
استاندارد چیست؟	۴۷۳
تاریخچه استانداردها	۴۷۴
امروزه استانداردها چگونه تهیه می شوند؟	۴۷۵
مزایا و انواع استانداردها	۴۷۵
۹.۱۲ خلاصه	۴۷۹
۱۰.۱۲ پرسش های خودآزمایی	۴۸۱
۱۱.۱۲ منابع و مطالعات پیشنهادی	۴۸۱
ضمیمه فصل ۱	۴۸۲

فصل ۱

معرفی راهکارهای برتر

من شکست نخورده ام، من ده هزار راه پیدا کرده ام که جواب نمی دهند.
توماس ادیسون

۱.۱. مقدمه: راهکار برتر چیست؟

۲.۱. واژگان و تعاریف کلیدی

۳.۱. راهکارهای برتر باید چه کاری در مورد نگهداشت و قابلیت اطمینان انجام دهند؟

۴.۱. مثال هایی از بهینه کاوی ها در نگهداشت و قابلیت اطمینان

۵.۱. آزمون اصلی دانش نگهداشت و قابلیت اطمینان

۶.۱. خلاصه

۷.۱. پرسش های خودآزمایی

۸.۱. منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل قادر به درک این موضوعات خواهید بود:

- راهکارهای برتر چیستند و چرا برای ما مهم هستند؟
- راهکارهای برتر باید چه کاری در مورد نگهداشت و قابلیت اطمینان انجام دهند؟
- واژگان کلیدی نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) و مثال هایی از بهینه کاوی ها
- علاوه بر این، قادر خواهید بود که، از طریق انجام یک آزمون کوتاه، دانش خود را در زمینه مباحث پایه ای نگهداشت و قابلیت اطمینان ارزیابی کنید.

۱.۱ – مقدمه: راهکار برتر چیست؟

ایده راهکار برتر جدید نیست. فدریک تیلور، پدر علم مدیریت نوین، حدود ۱۰۰ سال پیش گفت: "در میان شیوه ها و ابزارهای گوناگونی که در هر حرفه ای استفاده می شود، همیشه یک شیوه و یک ابزار وجود دارد که سریع تر و بهتر از بقیه است." اخیراً، این دیدگاه به عنوان "بهترین راه" یا "بهترین روش" شناخته می شود.

ادعای ایده "بهترین روش" این است که تکنیک، شیوه یا فرآیندی وجود دارد که برای رسیدن به نتیجه مطلوب از همه تکنیک ها، شیوه ها و فرآیندهای دیگر اثربخش تر است. با استفاده از این تکنیک، پروژه یا فعالیتی مانند نگهداشت می تواند با مشکلات و پیچیدگی های دیده نشده کمتری کامل شود. به یک تکنیک، شیوه یا فرآیند "بهترین روش" می گویند، صرفا اگر نتایج برتری تولید کند. بهترین روش، یک شیوه مستند شده است که اکثر سازمان های مرجع، رقابتی و سودآور از آن استفاده می کنند. این روش، اگر درست پیاده سازی شود، باید کارایی و اثربخشی را در یک زمینه خاص بهبود دهد. همچنین باید توجه داشت که "بهترین روش" یک اصطلاح نسبی است. ممکن است شیوه ای برای برخی یک کار عادی روزمره یا یک روش استاندارد باشد؛ ولی برای دیگران راهکار برتر باشد، چرا که شیوه فعلی آنها اثربخشی کافی را در رسیدن به نتایج مطلوب ندارد.

تاریخ سرشار از افرادی است که تمایلی به پذیرفتن استانداردهای صنعت به عنوان راهکار برتر انجام کارها نداشته اند. تغییرات گسترده فناوری از زمان انقلاب صنعتی شاهدهی براین واقعیت است. به عنوان مثال، حتی پس از آنکه "درشکه های بدون اسب" اختراع شدند، سال ها همچنان اسب ها بهترین وسیله حمل و نقل بودند. امروزه، بیشتر مردم خودروهای بنزینی یا دیزل می رانند که همگی نمونه های توسعه یافته همان درشکه های بدون اسب هستند. با این حال، نگرانی در مورد هزینه سوخت، تأمین سوخت و گرمایش جهانی عامل محرک پیشرفت های جدید در حوزه حمل و نقل شده اند.

در المپیک تابستانی ۱۹۶۸ یک ورزشکار جوان به نام دیک فوسبری در تکنیک پرش ارتفاع تغییرات اساسی ایجاد کرد. او با استفاده از رویکردی که به نام پرش پشت فوسبری^۲ شناخته شد، مدال طلا را بدست آورد. تکنیک او این بود که به جای اینکه اول سرش را از میله عبور دهد، پشت خود را از میله عبور داد. اگر او از "روش استاندارد" پیروی می کرد، همانگونه که همه رقبا پیش این کار را کردند، شاید نمی توانست برنده رقابت باشد. در عوض، با صرف نظر کردن از روش استاندارد، او توانست که کیفیت عملکرد را، برای همه ورزشکاران این رشته، ارتقا دهد. هدف هر استاندارد فرایند کردن نوعی مبنا و مرجع است. بنابراین استاندارد باید "چه چیزی ممکن است؟" باشد، نه اینکه "دیگران چه کاری انجام می دهند؟"

مفهوم راهکار برتر در کاربردهای واقعی بسیار مفید است. علیرغم لزوم بهبود فرآیندها در اثر تغییرات زمان و تکامل چیزها، راهکار برتر صرفا مفهومی در کسب و کار است که برای توصیف فرآیند توسعه و پیروی از راههای استاندارد انجام فعالیت ها استفاده می شود و هر سازمانی می تواند با استفاده یا پیاده سازی آنها نتایج بهتری کسب کند. پیاده سازی راهکارهای برتر در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان می تواند به سازمان کمک کند تا:

- خروجی را با مجموعه ثابتی از دارایی ها افزایش دهد

- نیاز به تعویض دارایی های سرمایه ای را کاهش دهد
- هزینه نگهداشت به ازای هر واحد تولید را کاهش دهد
- هزینه کلی به ازای واحد خروجی را کاهش دهد
- کارایی – هزینه، بهره وری و ایمنی – را بهبود دهد
- رقابت پذیری را افزایش دهد
- سهم بازار را افزایش دهد

اگر موفقیت یک "بهترین روش" آشکار شود، در سراسر صنعت گسترش پیدا می کند. ولی حتی ممکن است که پیاده سازی راهکارهای برتر موفق هم در سازمان ها به کندی انجام شود. براساس داده های مرکز بهره وری و کیفیت آمریکا^۳، سه مانع اصلی بر سر راه استفاده از راهکارهای برتر کمبود عبارتند از:

۱. کمبود دانش در مورد راهکار برترهای موجود
۲. کمبود انگیزه برای ایجاد تغییر و پذیرش این روش ها
۳. کمبود دانش و مهارت مورد نیاز برای انجام آنها

هدف این کتاب آگاهی بخشی در مورد راهکارهای برتر در زمینه های نگهداشت و قابلیت اطمینان و همچنین پیاده سازی اثربخش راهکارهای برتر است. در فصل های آخر در مورد راه هایی بحث خواهیم کرد که می توانیم انجام دهیم تا موانع موجود برای خلق یک فرهنگ قابلیت اطمینان پایدار در یک سازمان را از سر راه برداریم.

۲.۱- واژگان و تعاریف کلیدی

بهبود کارایی^۴

فرآیند شناسایی، به اشتراک گذاری و استفاده از دانش و راهکارهای برتر. تمرکز آن روی چگونگی بهبود فرآیندهای کسب و کار با بکارگیری رویکردهای درجه یک، به جای فقط اتکا کردن به اندازه گیری بهترین کارایی، می باشد.

دارایی^۵

3 American Productivity and Quality Center

4 Benchmark

5 Asset

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

یک قطعه یا دستگاه سخت افزاری الکترونیکی یا مکانیکی، یک محصول نرم افزاری، یا یک فرآیند یا سیستم صنعتی.

راهکارهای برتر

تکنیک، شیوه ها یا فرآیندهایی است که از همه تکنیک ها، شیوه ها یا فرآیندهای دیگر اثربخشی بیشتری در تأمین خروجی مورد نظر دارد. معمولاً روش های مستند شده ای هستند که توسط قابل احترام ترین، رقابتی ترین و سودآورترین سازمان ها استفاده می شوند.

قابلیت اطمینان^۶

احتمال اینکه یک دارایی یا یک بخش، کارکردهای مورد نظر را در یک بازه زمانی مشخص، در شرایط تعیین شده انجام خواهد داد. معمولاً به صورت درصد بیان و با استفاده از زمان متوسط بین خرابی ها (MTBF)^۷ محاسبه می شود.

نگهداشت^۸

کنش نگهداری کردن، یا کار حفظ یک دارایی در شرایط عملیاتی مناسب.

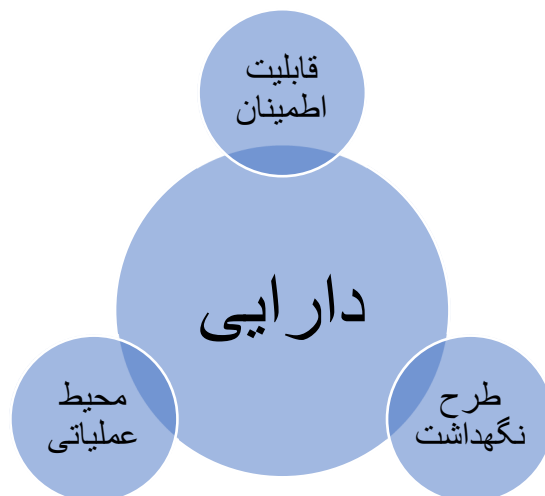
۳.۱- راهکارهای برتر باید چه کاری در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان انجام دهند؟

وظیفه دارایی ها در هر سازمانی تولید محصولات یا تأمین خدمات است. یک بخش یا دارایی، آنگونه که پیشتر تعریف شد، می تواند یک قطعه یا دستگاه سخت افزاری الکترونیکی یا مکانیکی، یک محصول نرم افزاری یا یک فرآیند یا سیستم صنعتی باشد. هدف از انجام بهتر فعالیت های نگهداشت و بهبود قابلیت اطمینان دارایی ها در یک سازمان، حصول اطمینان از این است که این دارایی ها برای انجام کارکردهای مورد انتظار، در زمان مورد نیاز و به شکل مقرون به صرفه ای در دسترس هستند. کارایی یک دارایی بر پایه سه عامل قرار دارد (شکل ۱.۱ را ببینید):

6 Reliability

7 Mean Time Between Failures

8 Maintenance



شکل ۰۰۱- کارایی دارایی

۱. قابلیت اطمینان ذاتی – چگونه طراحی شده است؟
۲. محیط عملیاتی – چگونه بهره برداری می شود؟
۳. طرح نگهداشت – چگونه نگهداری می شود؟

معمولا دارایی ها با سطح معینی از قابلیت اطمینان طراحی می شوند. این قابلیت اطمینان طراحی شده (یا درونی) نتیجه قابلیت اطمینان هر یک از اجزای سیستم، بطور جداگانه، و روش هماهنگ سازی آنها است. این سطح قابلیت اطمینان را قابلیت اطمینان ذاتی می نامند. ما نمی توانیم قابلیت اطمینان یک دارایی را، پس از آنکه نصب شد، بدون اصلاح اجزای آن یا تعویض آنها با قطعات بهتر و بهبود یافته تغییر یا ارتقا دهیم. البته این کار را می توان با طراحی مجدد هم انجام داد.

عامل دوم، محیط عملیاتی دارایی، شرایط عملیاتی را که دارایی باید در آن شرایط کار کند، به همراه مهارت های بهره بردار بررسی می کند. مطالعات متعددی نشان داده است که بیش از ۴۰٪ شکست ها در نتیجه خطاهای بهره برداری اتفاق می افتند. سازمان ها باید مطمئن شوند که بهره بردارها به خوبی آموزش دیده اند تا خطاهای عملیاتی که منجر به شکست دارایی ها می شود را مرتکب نشوند. در واقع، بهره بردارها باید در خط مقدم پایش کارایی دارایی، شناسایی هرگونه شرایط غیرطبیعی و انجام بهنگام اقدامات اصلاحی قرار داشته باشند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

عامل سوم یک طرح نگهداشت است که چگونگی نگهداری از دارایی را تعیین می کند. هدف از یک طرح نگهداشت خوب، حفظ قابلیت اطمینان دارایی و بهبود قابلیت دسترسی^۹ آن است. این طرح باید شامل فعالیت های ضروری نگهداشت و سرویسکاری مورد نیاز برای شناسایی شکست های بالقوه ای است که منجر به ازکارافتادگی^{۱۰} برنامه ریزی نشده می شوند.

راهکارهای برتر باید چه کاری در خصوص این اصول نگهداشت و قابلیت اطمینان انجام دهند؟ سالیان متمادی در صنعت نگهداشت و قابلیت اطمینان، روش های خوب و بد مشخص شده اند. این روش های خوب و بد در کنفرانس های بین المللی معرفی شده، به صورت حضوری و از راه دور و در مجلات نوشتاری، کتاب ها، وبسایت ها و بلاگ ها به بحث گذاشته شده اند. بهترین این روش ها اکنون بیشتر مورد پذیرش بوده، در صنایع محلی، ملی و بین المللی منتشر شده و تبدیل به الگوهای بهینه کاوی برای شرکت ها شده اند. در این کتاب، در مورد این عوامل بحث خواهیم کرد و همچنین اینکه چگونه این راهکارهای برتر را می توان برای بهبود عملکرد دارایی استفاده کرد.

۴.۱. مثال هایی از بهینه کاوی ها در نگهداشت و قابلیت

اطمینان

راهکارهای برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) چیستند و چگونه می توان آنها را در جهت دستیابی به نتایج بهتر پیاده سازی کرد؟ راهکارهای برتر نگهداشت و قابلیت اطمینان، روش هایی هستند که توسط سازمان هایی اثبات شده اند که رهبران صنعت خود هستند. این شرکت ها تولیدکنندگان باکیفیت (ممتاز) با هزینه های کاملاً رقابتی، معمولاً کمترین هزینه در صنعت خودشان، هستند. مثال هایی از بهینه کاوی های راهکارهای برتر نگهداشت و قابلیت اطمینان، به همراه مقادیر کلاس جهانی آنها در شکل ۲.۱ فهرست شده اند.

شکل ۲.۱- مقایسه بهینه کاوی های راهکارهای برتر

معیار کارایی بهترین ها	بهینه کاوی بهترین	نمونه کلاس جهانی
هزینه نگهداشت برحسب درصد ارزش جایگزینی دارایی (RAV) ^{۱۲،۱۱}	۲-۹٪	۵-۳۰٪/۳

9 availability

10 downtime

11 Replacement Asset Value

۱۲ ارزش جایگزینی دارایی عبارت است از هزینه لازم برای جایگزینی دارایی های کنونی، به شکلی که ظرفیت تولید حفظ شود. [مترجم]

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

هزینه مواد نگهداشت برحسب درصد RAV	۴-۱٪	۰٪/۱-۲۵/۲۵
رعایت زمان بندی	۹۰-۴۰٪	۹۰٪<
درصد کارهای برنامه ریزی شده	۹۰-۳۰٪	۸۵٪<
اتلاف های ناشی از توقف تولید	۱۲-۲٪	۲-۱٪
نرخ کمبود موجودی قطعات	۱۰-۲٪	۲-۱٪

نخستین عدد در شکل ۲.۱، هزینه نگهداشت برحسب درصد ارزش جایگزینی دارایی (RAV)، معیاری از کارایی نگهداشت است که بطور گسترده ای به عنوان بهینه کاوی برای ارزیابی راهکارهای برتر استفاده می شود. می توانیم بلافاصله تفاوت های هزینه ها بین شرکت های نمونه کلاس جهانی را با شرکت های بهترین در کلاس خود تعیین کنیم. هرچند شرکت های نمونه احتمالاً هزینه بیشتری برای بالا بردن توان برنامه نگهداشت و قابلیت اطمینان خود صرف می کنند، ولی پس از آنکه به سطح مطلوب قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی رسیدند، باید بتوانند هزینه نگهداشت را با پیاده سازی مستمر این راهکارهای برتر کاهش دهند.

استفاده از بهینه کاوی ها برای اهداف تطبیقی و مقایسه ای باید با دقت انجام شود، چرا که تعاریف این بهینه کاوی ها ممکن است در هر سازمانی متفاوت باشد. بسیار مهم است که مطمئن شویم واژگان مورد استفاده در دو سازمان معنای یکسانی داشته باشند. به منظور همسان سازی، معیارهای عملکرد شکل ۱.۲ به شکل زیر تعریف می شوند:

۱. **هزینه نگهداشت برحسب درصد ارزش جایگزینی دارایی:** این معیار با تقسیم هزینه نگهداشت بر ارزش جایگزینی دارایی محاسبه می شود. برای اطمینان از صحت این بهینه کاوی، دو عامل باید تعریف شوند:

الف. هزینه نگهداشت: این عامل هزینه نگهداشت یک کارخانه یا تأسیسات است و شامل نیروی کار نگهداشت، مواد مورد استفاده برای نگهداشت، پیمانکاران عملیاتی نگهداشت، نگهداشت سرمایه ای و هزینه همه پروژه های انجام شده برای جایگزینی دارایی های فرسوده می شود.

ب. ارزش جایگزینی دارایی (RAV): این عدد توسط واحد مهندسی یا کارگزار بیمه تعیین شده، ارتباطی با حسابداری ندارد. این عدد با ارزش دفتری^{۱۳} مورد استفاده در حسابداری تفاوت دارد. این عدد هزینه کنونی جایگزینی همه دارایی های یک تأسیسات صنعتی است. این معیار باید شامل هزینه خارج کردن دارایی های کهنه و هزینه نصب دارایی های نو نیز باشد.

۲. **هزینه مواد نگهداشت برحسب درصد RAV:** این معیار خیلی شبیه معیار پیشین است و به سادگی با تقسیم هزینه مواد مورد استفاده در نگهداشت بر ارزش جایگزینی دارایی محاسبه می شود. در

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

بیشتر سازمان ها ساده ترین راه دسترسی به هزینه مواد، استفاده از سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه (CMMS)^{۱۴} یا سیستم مالی سازمان است. برای اطمینان از صحت مقایسه، باید مطمئن شویم که هزینه نگهداشت دربرگیرنده همه مواد خریداری شده برای نگهداشت همه دارایی های کارخانه، شامل قطعات و مواد انبار نگهداشت، قطعات و مواد استفاده شده توسط پیمانکاران نگهداشت و کارهای سرمایه ای نگهداشت باشد.

به عنوان مثال، هزینه مواد نگهداشت در سازمان "الف" برابر ۲٪ ارزش جایگزینی دارایی و در سازمان "ب"، که معیارهای راهکارهای برتر را اجرا کرده است، برابر ۵٪/۰۰۵٪ ارزش جایگزینی دارایی است. این مقایسه نشان می دهد که سازمان "الف" در مقایسه با سازمان "ب" چهار برابر بیشتر برای مواد نگهداشت هزینه می کند.

توجه: سازمان ها باید آگاه باشند که بدون استفاده از راهکارهای برتر نمی توانند هزینه نگهداشت یا هزینه مواد نگهداشت را به صورت پایدار و دائمی کاهش دهند. بسیاری از سازمان ها فقط روی کاهش هزینه نگهداشت تمرکز می کنند، ولی این رویکرد معمولاً بدون بررسی و بهبود فرآیندها و پیاده سازی راهکارهای برتر به نتیجه نخواهد رسید.

۳. رعایت زمان بندی: این مقیاس عبارت است از نفر/ساعت نگهداشت صرف شده برای تکمیل کارها یا فعالیت ها در یک بازه زمانی مشخص (براساس یک زمان بندی تأیید شده) تقسیم بر کل نفر/ساعت در دسترس در همان بازه زمانی. بعضی از سازمان ها از معیار تعداد کارها/فعالیت های تکمیل شده در یک بازه زمانی مشخص و براساس یک زمان بندی تأیید شده تقسیم بر تعداد کل کارها/فعالیت ها در همان بازه زمانی، استفاده می کنند.

زمان بندی نگهداشت: زمان بندی نگهداشت تعداد کارها/فعالیت های تکمیل شده ای را مشخص می کند که یک هفته یا حداقل سه روز زودتر تأیید شده باشند. این معیار باید ۱۰۰٪ نیروی کار نگهداشت را پوشش دهد.

به عنوان مثال، در سازمان "الف" رعایت زمان بندی ۴۰٪ است. سازمان "ب" راهکارهای برتر را پیاده سازی کرده است و رعایت زمان بندی آن ۸۰٪ است. این مقایسه نشان می دهد که سازمان "ب" دو برابر بیشتر از سازمان "الف" از نیروهای نگهداشت خود برای انجام کارهای زمان بندی شده استفاده می کند. اگر نسبت رعایت زمان بندی بالا باشد، معمولاً زمان در دسترس^{۱۵} و نرخ بهره برداری دارایی^{۱۶} سازمان هم بالاتر خواهد بود. ارتباط مستقیمی بین این پارامترها وجود دارد.

14 Computerized Maintenance Management System

15 uptime

16 asset utilization rate

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۴. **درصد کارهای برنامه ریزی شده:** این مقیاس درصد درخواست کارهای نگهداشتی را مشخص می کند که همه قطعات، مواد، مشخصات فنی، رویه ها، ابزار و ... آنها، پیش از زمان بندی کار، مشخص شده اند. این راهکار برترنقش کلیدی در موفقیت درازمدت هر سازمان نگهداشتی دارد. به عنوان مثال، درصد کارهای برنامه ریزی شده در سازمان "الف" ۳۰٪ اندازه گیری شده است، در حالی که این معیار در سازمان "ب" ۹۰٪ است. این مقایسه نشان می دهد که سازمان "ب" سه برابر بیشتر کارها را به صورت پیش کنشانه^{۱۷} برنامه ریزی می کند و در نتیجه زمان در دسترس و نرخ بهره برداری دارایی آن هم بالاتر است. هزینه نگهداشت هم در سازمان "ب" کمتر است، چرا که عموماً هزینه های اجرای کارهای برنامه ریزی نشده بیشتر است.

۵. **اتلاف های ناشی از توقف های تولید/عملیات:** اگر راهکارهای برتر در سازمان پیاده سازی شده، به روش طبیعی کار تبدیل شوند، این عدد کوچک و ناچیز خواهد بود. موضوع مهمی که اثر مستقیمی روی این بهینه کاوی دارد این است که باید همه کارکنان از سطح مدیریت تا اپراتور تولید در مورد دارایی های کارخانه مسؤول باشند. مدیریت سازمان باید پشتیبان سفر به سوی تعالی^{۱۸} در پیاده سازی راهکارهای برتر باشد. اپراتورها باید دارایی های سازمان را اموال خودشان بدانند. تنها راه رسیدن به این نقطه مطلوب، از مسیر آموزش و واگذاری اختیارات است.

۶. **نرخ کمبود موجودی قطعات:** این مقیاس عبارت است از دفعاتی که یک تعمیرکار نگهداشت برای تهیه قطعات مورد نیاز به انبار مراجعه می کند، در برابر دفعاتی که قطعه در انبار موجود نیست.

در طول سال های کار با سازمان های فراوان، متوجه شده ایم که بهینه کاوی فرآیند آسانی نیست، بویژه زمانی که تعاریف استاندارد از واژگان بهینه کاوی وجود نداشته باشد. به عنوان مثال، ممکن است ارزش جایگزینی دارایی (RAV) در سازمان های "الف" و "ب" معنای یکسانی نداشته باشد. شاید هر کدام تعریف متفاوتی برای این واژه داشته باشند. این مسأله، چالش اصلی در بهینه کاوی های مرتبط با نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) است. انجمن متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان (SMRP)^{۱۹} رهبری استانداردسازی واژگان، تعاریف و معیارهای نگهداشت و قابلیت اطمینان را بر عهده گرفته است. نویسنده این کتاب به همراه باب بالدوین، ویراستار سابق مجله فناوری نگهداشت^{۲۰}، و جری کاهن از زیرمنس،

17 proactive

18 excellence

19 Society for Maintenance and Reliability Professionals

20 Maintenance Technology magazine

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

دفترچه راهنمایی به نام *راهنمای متخصصان برای واژگان نگهداشت و قابلیت اطمینان*^{۲۱}، را برای استاندارد سازی واژگان این مبحث منتشر کرده اند.

هنگام اندازه گیری عملکرد با بهینه کاوی های راهکارهای برتر، متوجه خواهیم شد که همه بهینه کاوی ها ارتباط متقابل داشته، به یکدیگر وابسته اند و به این دلیل است که هر سازمانی باید گروهی از فرآیند های نگهداشت و قابلیت اطمینان را با تعریف شفاف و مشخص انتخاب کرده، با استفاده از آنها راهکارهای برتر را پیاده سازی کند. متناسب سازی یک راهکار برتر جهت هماهنگی با نیازمندی ها و محیط کاری شما برای پیاده سازی موفق و اثربخش آن ضروری است.

تاکنون فقط تعدادی مثال از راهکارهای برتر و بهینه کاوی های آنها را معرفی کرده ایم. در سراسر این کتاب، روش هایی را بحث خواهیم کرد که ممکن است، براساس موقعیت فعلی شما در سفر به سوی تعالی در نگهداشت و قابلیت اطمینان، استاندارد، خوب یا بهترین باشند.

۵.۱- آزمون پایه دانش نگهداشت و قابلیت اطمینان

بسیاری از شاغلان در حرفه نگهداشت و قابلیت اطمینان، در پیاده سازی راهکارهای برتر موفق نشده اند. دلیل آن معمولاً نبود یا کمبود دانش راهکارهای برتر یا عدم پشتیبانی مدیریتی کافی است. آزمون صفحات بعد را انجام دهید تا دانش خود را از راهکارهای برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان ارزیابی کنید. این آزمون به شما کمک می کند تا بفهمید در کجای سفر قابلیت اطمینان خود ایستاده اید. پس از تکمیل آزمون به بخش پیوست های انتهای کتاب بروید و امتیاز خود را مشخص کنید. سعی کنید هنگام پاسخ به پرسش ها حدس نزنید. اگر مطمئن نیستید، از آن پرسش عبور کنید؛ در غیر این صورت، ممکن است امتیاز نهایی حس نادرستی از دانش تان در مورد "راهکارهای برتر" نگهداشت و قابلیت اطمینان به شما بدهد.

۱. راهکارهای برتر روش هایی هستند که توسط یک سازمان تعریف و اجرا می شوند تا عملیات آن سازمان را بهبود ببخشند. ممکن است این روش ها آزمایش شده یا نشده باشند، ولی نتایج آنها قابل قبول خواهد بود.

الف. درست

ب. نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۲. قابلیت نگهداشت^{۲۲} با معیار میزان رعایت زمان بندی PM اندازه گیری می شود.

الف. درست

ب. نادرست

۳. همه زمان کارکنان نگهداشت باید با دستور کارها پر شود.

الف. درست

ب. نادرست

۴. برای بهبود OEE واحدهای عملیات و نگهداشت باید به صورت یک تیم کار کنند.

الف. درست

ب. نادرست

۵. راهکارهای برتر بیان می کنند که ۹۰٪ یا بیشتر از همه کارهای نگهداشت برنامه ریزی می شوند.

الف. درست

ب. نادرست

۶. ۱۰۰٪ فعالیت های PM و PdM باید با استفاده از روش های FMEA/RCM تهیه شده باشند.

الف. درست

ب. نادرست

۷. نرخ بهره برداری از دارایی ها در یک تأسیسات در کلاس جهانی باید حدود ۸۵٪ باشد.

الف. درست

ب. نادرست

۸. ۱۰۰٪ زمان کارکنان (تعمیرکاران) نگهداشت باید زمان بندی شده باشد.

الف. درست

ب. نادرست

۹. PM های مبتنی بر زمان (تقویمی) باید کمتر از ۲۰٪ همه PM ها باشند.

الف. درست

ب. نادرست

۱۰. قانون ۱۰٪ PM روی دارایی های حساس اعمال می شود.

الف. درست

ب. نادرست

۱۱. بیشتر دستور کارهای اضطراری باید توسط تولید/عملیات نوشته شوند.

الف. درست

ب. نادرست

۱۲. انجام PM توسط اپراتورها باید یک شیوه متداول باشد.

الف. درست

ب. نادرست

۱۳. فاصله P-F می تواند برای بازرسی های چشمی استفاده شود.

الف. درست

ب. نادرست

۱۴. درک منحنی P-F باید به بهینه سازی فرکانس انجام PM کمک کند.

الف. درست

ب. نادرست

۱۵. بهترین روش اندازه گیری قابلیت اطمینان یک دارایی شمارش تعداد از کار افتادگی های آن است.

الف. درست

ب. نادرست

۱۶. هدف اصلی زمان بندی، هماهنگ کردن امور نگهداشت به منظور دستیابی به بیشترین بهره برداری از منابع نگهداشت است.

الف. درست

ب. نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۱۷. چند درصد از دارایی های شما باید، براساس ریسک آنها در کسب و کار، حیاتی و مهم قلمداد شوند؟

الف. کمتر از ۲۰٪

ب. ۲۰-۵۰٪

پ. بیشتر از ۵۰٪

۱۸. پایش ارتعاشات می تواند فرسایش یکنواخت پروانه^{۲۳} را تشخیص دهد.

الف. درست

ب. نادرست

۱۹. درک علل شناخته شده و محتمل شکست ها می تواند به طراحی استراتژی نگهداشت یک دارایی به منظور پیشگیری یا پیش بینی شکست کمک کند.

الف. درست

ب. نادرست

۲۰. قابلیت اطمینان می تواند پس از عملیاتی شدن یک برنامه نگهداشت به آسانی بهبود پیدا کند.

الف. درست

ب. نادرست

۲۱. چند درصد از کارهای نگهداشت باید پیش کنشی باشد؟

الف. ۱۰۰٪

ب. ۸۵٪ یا بیشتر

پ. ۵۰٪

۲۲. MTBF با تقسیم زمان عملیاتی بر تعداد شکست های یک دارایی اندازه گیری می شود.

الف. درست

ب. نادرست

۲۳. هزینه نگهداشت با افزایش قابلیت اطمینان کاهش خواهد یافت.

الف. درست

ب. نادرست

۲۴. حرف F روی نمودار P-F نشان می دهد که تجهیز همچنان عملیاتی است.

الف. درست

ب. نادرست

۲۵. با یک حساب سرانگشتی، یک برنامه ریز باتجربه به طور متوسط می تواند برای چند نفر تعمیرکار

برنامه ریزی کند؟

الف. ۵

ب. ۱۵

پ. ۲۵ یا بیشتر

۲۶. کدام یک از موارد زیر هدف اصلی پیاده سازی فرآیند برنامه ریزی^{۲۴} نیست؟

الف. کاهش کارهای واکنشی

ب. پیشگیری از تأخیرها در فرآیند نگهداشت

پ. هماهنگ کردن زمان بندی تولید و زمان بندی نگهداشت

۲۷. بهترین روش اندازه گیری قابلیت اطمینان یک دارایی کدام است؟

الف. MTTR

ب. MTBF

پ. هر دو

۲۸. به استثنای دستور کارهای اضطراری، برنامه ریزی و زمان بندی برای همه ی کارهای نگهداشت

مفید است.

الف. درست

ب. نادرست

۲۹. شاخص های کلیدی عملکرد پیشرو^{۲۵} نتایج را پیش بینی می کنند.

الف. درست

ب. نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۳۰. S ششم در فرآیند ۶S (که ۵S به علاوه (پلاس) هم نامیده می شود) نشان دهنده ایمنی^{۲۶} است.

الف. درست

ب. نادرست

۳۱. RCM مخفف چیست؟

الف. مراکز دسته بندی نگهداشت (Regimented Centers for Maintenance)

ب. نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (Reliability Centered Maintenance)

پ. مراکز قابل اطمینان نگهداشت (Reliable Centers of Maintenance)

۳۲. هدف RCM حفظ کارکردها است.

الف. درست

ب. نادرست

۳۳. قطعات مربوط به شرایط اضطراری نباید در انبار MRO نباید نگهداری شوند.

الف. درست

ب. نادرست

۳۴. نسبت گردش موجودی^{۲۷} انبار MRO باید:

الف. کمتر از ۲ باشد

ب. بین ۴ تا ۶ باشد

پ. بیشتر از ۶ باشد

۳۵. پایبندی به PM یک شاخص کلیدی عملکرد است.

الف. تأخیری^{۲۸}

ب. تأخیری یا پیشرو

پ. پیشرو

۳۶. کیفیت یکی از مؤلفه های کلیدی OEE است.

الف. درست

26 safety

27 inventory turnover ratio

28 lagging

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ب. نادرست

۳۷. قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت، فقط ویژگی های طراحی هستند.

الف. درست

ب. نادرست

۳۸. آفرینش فرهنگ قابلیت اطمینان از درون یک شیوه واکنشی در زمان کوتاهی امکان پذیر است، اگر منابع کافی در دسترس باشد.

الف. درست

ب. نادرست

۳۹. روش تیتراسیون کولن سنجی کارل فیشر^{۲۹} یک تکنیک اثربخش برای تعیین مقدار فلزات (به PPM) در یک نمونه روغن است.

الف. درست

ب. نادرست

۴۰. ترموگرافی مادون قرمز (IR) یک روش اثربخش برای برآورده کردن الزامات استاندارد NFPA 70E در مورد قوس الکتریکی^{۳۰} است.

الف. درست

ب. نادرست

۴۱. FMEA فقط روی دارایی های در حال بهره برداری قابل اعمال است.

الف. درست

ب. نادرست

۴۲. روش RCM نمی تواند به طور اثربخشی روی سیستم های جدید در مرحله طراحی استفاده شود.

الف. درست

ب. نادرست

29 Karl Fischer's Coulometric Titration
30 arc flash

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۴۳. آموزش مناسب نیروی کار نگهداشت و قابلیت اطمینان می تواند قابلیت دسترسی دارایی و کارخانه را افزایش دهد.

الف. درست

ب. نادرست

۴۴. TPM گونه ای از نگهداشت است که توسط اپراتورها انجام می شود.

الف. درست

ب. نادرست

۴۵. شاخص های کلیدی عملکرد تأخیری، نتایج یک فرآیند هستند.

الف. درست

ب. نادرست

۴۶. تعداد سفارش اقتصادی (EOQ)^{۳۱} نسبت گردش موجودی^{۳۲} را بهبود می دهد.

الف. درست

ب. نادرست

۴۷. روغن جدید دریافت شده از تأمین کننده همیشه تمیز و آماده استفاده است.

الف. درست

ب. نادرست

۴۸. کدام فاز از چرخه عمر دارایی بیشترین هزینه را دارد؟

الف. طراحی

ب. تملک^{۳۳}

پ. عملیات و نگهداشت (O&M)

۴۹. بیشتر هزینه های نگهداشت در کدام مرحله ثابت می شوند؟

الف. پس از نصب

ب. در زمان بهره برداری

31 Economic Order Quantity

32 Inventory turnover

33 acquisition

پ. در زمان طراحی

۵۰. چه زمانی RCM بهترین نتایج را فراهم می کند؟

الف. در زمان بهره برداری / تولید

ب. در زمان طراحی / توسعه

پ. پس از آنکه دارایی دچار شکست های متوالی شد

۵۱. مدت زمانی که بازیابی یک دارایی طول می کشد را با کدام شاخص می توان اندازه گیری کرد؟

الف. MTBF

ب. MTTR

پ. MTBMA

ت. هیچ کدام

۵۲. قابلیت دسترسی تابعی است از:

الف. MTBF

ب. MTTR

پ. زمان در دسترس

ت. زمان در دسترس و زمان از کار افتادگی

۵۳. نرخ شکست یک قطعه / دارایی را با دانستن کدام متغیر می توان محاسبه کرد؟

الف. تعداد شکست ها

ب. MTBF

پ. MTTR

ت. زمان در دسترس

۵۴. بیشترین منافع تحلیل حالت ها و علل شکست^{۳۴} در کدام مرحله به دست می آید؟

الف. مرحله بهره برداری

ب. مرحله نگهداشت

پ. مرحله طراحی

ت. هیچ کدام

۵۵. پایبندی به زمان بندی PM باید مساوی یا بزرگ تر از ۹۵٪ باشد.

الف. درست

ب. نادرست

اکنون به پیوست ۱ مراجعه و بهترین پاسخ های این پرسش ها را مشاهده کنید. اگر پاسخ های درست شما:

۵۰ یا بیشتر باشد: شما دانش ممتازی در زمینه M&R دارید، ولی به آموختن ادامه و دانش خود را ارتقا دهید.

۴۹-۴۱ باشد: شما دانش خوبی در زمینه M&R دارید، ولی پتانسیلی برای بهبود وجود دارد.

۴۰ یا کمتر باشد: شما فرصت های قابل توجهی برای بهبود دارید.

۶.۱- خلاصه

بهترین روش، تکنیک یا شیوه ای است که به عنوان اثربخش ترین روش شناخته شده، همواره نشان داده است که می تواند نتایج ممتازی ایجاد کند. یک بهترین روش، اگر به درستی پیاده سازی شود، باید عملکرد و بازدهی را در یک زمینه مشخص بهبود دهد. ولی باید بدانیم که راهکار برتریک اصطلاح نسبی است. یک روش می تواند برای برخی عادی روزمره یا استاندارد باشد، ولی برای دیگران راهکار برتر باشد، چرا که شیوه یا روش فعلی آنها اثربخشی کافی را در رسیدن به نتایج مطلوب ندارد.

راهکار برتر اغلب چیزی نیست که هر کس دیگری انجام می دهد، بلکه چیزی است که رسیدن به آن ممکن باشد. راهکار برتر نیازمند تکنیک های تشویقی است و بیشتر از آنکه متکی به اجبار باشد، بر خواست [همگانی] تکیه دارد. یک راهکار برتر معمولاً نیازمند تغییری در فرآیند است؛ بنابراین، پیاده سازی موفق آن مستلزم این است که توسط همه قسمت ها/ذی نفعان پذیرفته شود.

پس از آشکار شدن موفقیت یک بهترین روش، گرایش برای گسترش آن در یک صنعت بیشتر می شود. ولی پیاده سازی راهکارهای برتر موفق هم، حتی در داخل یک سازمان، اغلب کند انجام می شود. براساس یافته های مرکز بهره وری و کیفیت آمریکا، سه مانع اصلی برای اتخاذ یک بهترین روش، کمبود موارد زیر است:

۱. دانش درباره راهکارهای برتر موجود

۲. انگیزه برای ایجاد تغییر و استفاده از آنها

۳. دانش و مهارت لازم برای ایجاد تغییر

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

برای پیاده سازی اثربخش آنها، نیروی کار باید از دانش راهکارهای برتر در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان برخوردار باشد. تعهد به استفاده از راهکارهای برتر در زمینه M&R و کمک گرفتن از همه دانش و فناوری در دسترس، موفقیت را تضمین می کند.

۷.۱- پرسش های خودآزمایی

- پ ۱.۱. راهکار برتر را تعریف کنید. موانع پیاده سازی راهکارهای برتر چیستند؟
- پ ۲.۱. عوامل کلیدی تأثیرگذار روی عملکرد ماشین آلات کارخانه چیستند؟
- پ ۳.۱. چرا قابلیت اطمینان در محیط فعلی [کسب و کار] تبدیل به یک مزیت رقابتی شده است؟
- پ ۴.۱. پنج معیار کلیدی عملکرد در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان را نام ببرید. هر بخش این معیارها را کامل شرح دهید. "مقادیر بهینه کاوی کلاس جهانی" این معیارهای عملکرد چیستند؟
- پ ۵.۱. چه چیزی یک بهینه کاوی را "کلاس جهانی" می کند؟ با مثال توضیح دهید.
- پ ۶.۱. کار برنامه ریزی شده و مزایای آن را شرح دهید. عدد بهینه کاوی کلاس جهانی آن چیست؟

۸.۱- منابع و مطالعات پیشنهادی

1. IW — “*Industry Week*”, Monthly Publications. Penton Media Publications, 2006–2008.
2. Gulati R., Kahn and Baldwin. “*The Professional’s Guide to Maintenance and Reliability Terminology*.” Reliabilityweb Publication, 2010.
3. Mitchell, John S. “*Physical Asset Management Handbook*”, 4th ed. Clarion Technical Publishing, 2007.
4. Moore, Ron. “*Making Common Sense to Common Practice*.” 3rd ed. Butterworth Heinemann, 2004.
5. SMRP and IMC1. Annual Conference Proceedings. 2003–2010.
6. www.wikipedia.com.

فصل ۲

فرهنگ و رهبری

رهبری اثربخش اولویت دادن به اولویت ها است.
مدیریت اثربخش، برقراری انضباط و اجرا کردن آن است.
استفان کاوی

- ۱.۲. مقدمه
- ۲.۲. واژگان و تعاریف کلیدی
- ۳.۲. رهبری و فرهنگ سازمانی
- ۴.۲. چارچوب استراتژیک: چشم انداز، مأموریت و اهداف
- ۵.۲. مدیریت تغییر
- ۶.۲. فرهنگ قابلیت اطمینان
- ۷.۲. معیارهای عملکرد
- ۸.۲. خلاصه
- ۹.۲. پرسش های خودآزمایی
- ۱۰.۲. منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل قادر به درک این موضوعات خواهید بود:

- فرهنگ سازمانی
- رهبری و نقش آن
- چشم انداز، مأموریت و اهداف
- فرهنگ قابلیت اطمینان
- مدیریت تغییر و نقش عوامل تغییر

۱.۲ – مقدمه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

در هر سازمانی پیاده سازی موفق یک روش جدید، کوچک یا بزرگ، چالش برانگیز است. پیاده سازی نیازمند اشتیاق افرادی است که تحت تأثیر تغییر قرار خواهند گرفت، نه سوءظن یا ترس آنها. برای اطمینان از پیاده سازی مثبت تغییرات، مهارت های راهنمایی، پرورش و هدایت نیروی کار لازم است. معمولاً چگونگی درک نیروی کار از این تغییرات و همچنین اعتقادات، ارزش ها، رفتارها و انتظارات آنها بخشی از عواملی هستند که باید هنگام توسعه طرح پیاده سازی "تغییر" مورد توجه و ارزیابی قرار گیرند.

رهبری، از طریق فراهم آوردن چشم انداز و منابع، نقشی کلیدی در توانمندسازی این فرآیند دارد. آفرینش یک فرهنگ سازمانی همراستا با تغییر یک سفر طولانی است. نه تنها نیروی کار نگهداشت، بلکه هر کس دیگری در سازمان (بهره برداری، تولید، طراحی، انبار، فناوری اطلاعات و غیره) هم باید طرز فکر خود را تغییر دهند. همه باید به صورت یک تیم با هم کار کنند تا یک فرهنگ قابلیت اطمینان پایدار خلق شود. چشم انداز سازمان نسبت به جایی که می خواهد باشد، عامل مهمی در آفرینش یک فرهنگ قابلیت اطمینان است. استفان کاوی، یک نویسنده انگیزشی پیشرو، هنگامی که در کتاب معروف و پرفروش اش، *۷ عادت مردمان مؤثر*^۱، در مورد "در ذهن از پایان آغاز کردن" صحبت می کند، روی اهمیت مأموریت، چشم انداز و اهداف تأکید می کند. براساس مطالعه یک پروفیسور مدیریت در دانشگاه استنفورد، که در *وال/استریت ژورنال*^۲ منتشر شده است، سازمان هایی که در استفاده از بیانیه های مأموریت و چشم انداز موفق هستند، از سازمان هایی که در این زمینه موفق عمل نمی کنند عملکرد بهتری دارند. هنگامی که چشم انداز را تصور می کنیم، می توانیم به آن جامه عمل پوشانده، چشم انداز خود را به اهداف و درنهایت به واقعیت تبدیل کنیم.

همه سازمان ها تمایل دارند که فرآیندهای شان را بهبود دهند تا کاراً^۳ و اثربخش^۴ شوند. در یک فرهنگ سازمانی نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R)، پیشرفت لازم است، نه تنها برای کاهش، بلکه جهت حذف شکست ها و همزمان بهینه سازی و تربیت نیروی انسانی تا وظایف شان را اثربخش انجام دهند. این تلاش ها ممکن است نیازمند تغییرات قابل توجهی در روش های کار، فرآیندها و فرهنگ سازمانی باشد. سرانجام، این تغییرات بخشی از عادت های کاری روزانه آنها در سازمان شده، منجر به ایجاد یک فرهنگ قابلیت اطمینان مثبت می گردد. ولی برای اینکه این تغییرات واقعا بخشی از فرهنگ قابلیت اطمینان شوند، باید یک فرآیند مدیریت تغییر اثربخش اجرا شود.

1 7 Habits of Highly Effective people

این کتاب با نام "هفت عادت مردمان مؤثر" توسط گیتی خوشدل ترجمه شده و نشر پیکان آن را چاپ کرده است.

2 Wall Street Journal

3 efficient

4 effective

۲.۲- واژگان و تعاریف کلیدی

استراتژی

یک برنامه اجرایی^۵ که جهت گیری استفاده هماهنگ از منابع از طریق برنامه ها، پروژه ها، خط مشی ها و رویه ها و همچنین طراحی سازمانی و استقرار استانداردهای عملکرد را مشخص می کند.

بیانیه چشم انداز

بیانیه ای که نشان دهنده سبکی است که یک سازمان می خواهد باشد؛ بیان ایده آل یک سازمان از آنچه که می خواهد در آینده باشد.

بیانیه مأموریت

اعلان وسیع هدف اصلی و یگانه سازمان و دامنه عملیاتی آن، که وجه تمایز یک سازمان از سازمان های مشابه است.

تغییر فرهنگی

یک جابجایی عمده در گرایش ها، هنجارها، عواطف، باورها، ارزش ها، اصول بهره برداری و رفتار یک سازمان.

چشم انداز^۶

رؤیای قابل دستیابی یک سازمان یا یک فرد از آنچه که می خواهد انجام دهد و جایی که می خواهد برود.

رهبری

یک نقش سازمانی ضروری که وظیفه آن برپا کردن یک چشم انداز واضح، رساندن آن چشم انداز به دیگر افراد سازمان و تعیین جهت گیری، تأمین منابع و دانش لازم برای رسیدن به اهداف و چشم انداز است. ممکن است لازم باشد که منافع ناسازگار همه ذی نفعان را هماهنگ و متعادل کند.

فرهنگ

مجموعه مشترکی از ارزش ها، باورها، گرایش ها، ادراکات و رفتارهای پذیرفته شده که میان افراد درون یک سازمان مشترک است.

5 action plan

6 Vision

فرهنگ سازمانی

باورها و ارزش هایی که مشخص می کنند افراد [سازمان] چگونه تجربیات را تفسیر کرده، به صورت شخصی و گروهی چگونه رفتار می کنند.

مأموریت^۷

هدف یک سازمان.

مدیریت تغییر^۸

فرآیند ایجاد تغییر برنامه ریزی شده در یک سازمان. مدیریت تغییر معمولاً به معنای رهبری یک سازمان از طریق مجموعه ای از اقدامات برای رسیدن به یک هدف معین است. مترادف مدیریت تغییر کردن^۹ (MOC).

۳.۲- رهبری و فرهنگ سازمانی

فرهنگ سازمانی چیست؟

فرهنگ مجموعه ارزش ها، باورها و رفتارهای یک سازمان است. عموماً، باورها و ارزش ها هستند که مشخص می کنند افراد چگونه تجربیات را تفسیر کرده، به صورت شخصی و گروهی چگونه رفتار می کنند. فرهنگ هم علت و هم پیامد چگونگی رفتار افراد است. بیانیه های فرهنگی زمانی عملیاتی می شوند که رهبران ارزش های سازمان شان را تعیین کنند و انتشار دهند. این بیانیه ها الگوی رفتاری کارکنان را مشخص می کنند. در سازمان های دارای فرهنگ کاری قوی – از قبیل فرهنگ قابلیت اطمینان – تمرکز کارکنان روی انجام دادن چه کاری و چگونه انجام دادن آن است و به همین دلیل به نتایج بهتری دست می یابند.

رفتار و موفقیت، توانمندسازهای کلیدی برای آفرینش فرهنگ هستند. همان گونه که در شکل ۱.۲ نشان داده شده است، یک جریان دایره وار علت و معلولی متقابلی بین رفتار سازمانی، موفقیت و فرهنگ وجود دارد. هنگامی که یک تغییر مورد پذیرش افراد گروه قرار می گیرد، رفتار آنها را تغییر می دهد. آنها وظایف

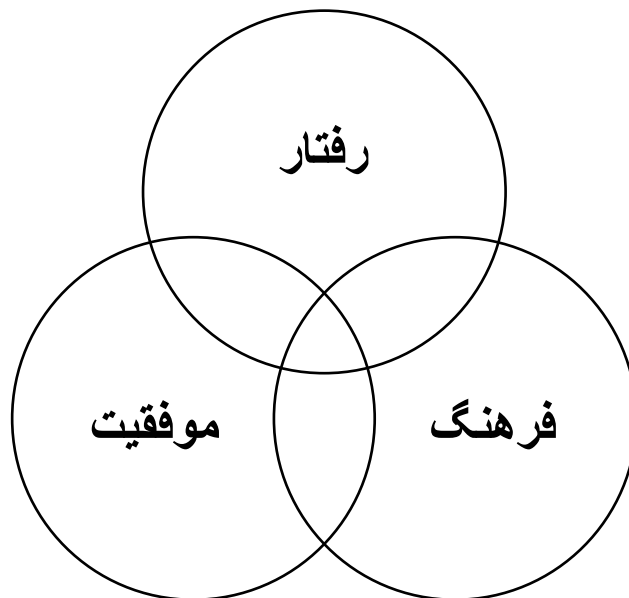
7 Mission

8 Change Management

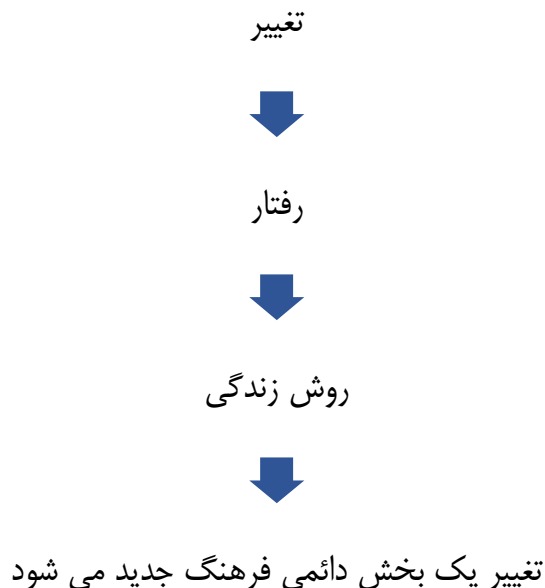
9 management of change

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

شان را، براساس الزامات تغییر جدید، به شکل متفاوتی انجام می دهند. پس اگر این تغییر باعث شود که کار ساده تر انجام شود، افراد می توانند شاهد موفقیت باشند. این موفقیت موجب می شود که آنها تغییر را بپذیرند و عادت ها و شیوه های عادی انجام کار تغییر کنند. سرانجام، انجام وظایف به روش جدید تبدیل به فرهنگ می شود (شکل ۲.۲).



شکل ۱.۲- فرهنگ سازمانی و جریان موفقیت



شکل ۲.۲- تغییر و فرهنگ

نقش رهبری در آفرینش و/یا پایدارسازی فرهنگ سازمانی

رهبران، در هر دو سطح شرکت و کارخانه، باید به دقت تأثیر قابلیت اطمینان را روی عملکرد مالی (سود و زیان) سازمان درک کنند. ارزش گذاری مالی یک سازمان وابسته به دارایی های فیزیکی عمدتاً تحت تأثیر اثربخشی شیوه مدیریت آن دارایی ها قرار می گیرد. رهبری یک توانمندساز کلیدی برای آفرینش محیطی است برای پیاده سازی استراتژی های قابلیت اطمینان، که به پرورش یک فرهنگ "قابلیت اطمینان" در درازمدت کمک می کند.

رهبری واقعی در جوامع و سازمان های امروزی متداول نیست، چرا که به درستی درک نمی شود. علاوه بر این، همان گونه که جیمز مک گریگور برنز، نویسنده کتاب رهبری، اعتقاد دارد، تفسیر درستی از این اصطلاح ارائه نشده است. او در این کتاب برجسته نوشته است که:

رهبری عبارت است از رهبرانی که پیروان خود را تهییج می کنند تا برای اهداف معینی تلاش کنند که نشانگر ارزش ها و انگیزه ها – خواسته ها و نیازها، اشتیاق ها و انتظارات – هم رهبران و هم پیروان

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

است. رهبری هوشمندانه روشی است که رهبران ارزش ها و انگیزه های خود و پیروان شان را می بینند و طبق آن عمل می کنند.

اخیرا ژنرال بازنشسته کالین پاول گفت که "رهبری هنر انجام دادن کارهای بیشتری است از آنچه که دانش مدیریت آن را ممکن می داند". در واقع، اورن هراری، در کتاب رازهای رهبری کالین پاول، رهبران بلندپرواز کسب و کارها را تشویق می کند که برای عملکرد بهتر، سبک پاول را اتخاذ کنند. پاول رویکرد رهبری خود را در ۱۸ درس جمع بندی کرده است:

درس ۱: گاهی مسؤول بودن به معنای ناراحت کردن دیگران است.

درس ۲: روزی که سربازان مشکلات شان را پیش شما نیاورند، روزی است که دیگر رهبر آنها نخواهید بود. آنها یا اعتمادشان را به اینکه شما می توانی به آنها کمک کنید از دست داده اند یا به این نتیجه رسیده اند که [به مشکلات آنها] اهمیت نمی دهید. هر دو مورد به معنای شکست رهبری است.

درس ۳: از متخصصان و نخبه ها نترسید. متخصصان اغلب بیشتر از توانایی داوری کردن، توانایی کسب اطلاعات دارند. نخبه ها در مواجهه با دنیای واقعی می توانند شبیه یک بیمار هموفیلی شوند که تا حد مرگ خونریزی می کند.

درس ۴: از چالش با طرفدارن خود نترسید، حتی در حیاط منزل آنها.

درس ۵: هیچ گاه از جزئیات صرف نظر نکنید. وقتی که ذهن همه خسته و گیج است، رهبر باید دو برابر هوشیارتر باشد.

درس ۶: تا زمانی که تلاش نکرده اید، نمی دانید از چه چیزی می توانید جان سالم به در ببرید.

درس ۷: پیوسته به آنچه که زیر ظواهر سطحی است دقت کنید. فقط به این دلیل که ممکن است آنچه را که می بینید دوست نداشته باشید، از این کار شانه خالی نکنید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

درس ۸: سازمان واقعا هیچ کاری انجام نمی دهد. طرح ها هم هیچ کاری انجام نمی دهند. تئوری های مدیریت خیلی مهم نیستند. تلاش ها به خاطر انسان های درگیر آنها موفق می شوند یا شکست می خورند. تنها با جذب بهترین افراد خواهید توانست کارهای بزرگ انجام دهید.

درس ۹: چارت های سازمانی و عناوین تجملی تقریباً هیچ اهمیتی ندارند.

درس ۱۰: هیچ گاه اجازه ندهید که شخصیت و ضمیر شما خیلی به موقعیت شغلی تان نزدیک شود، چرا که با از دست دادن موقعیت شغلی، خودتان هم از دست می روید.

درس ۱۱: از کلیشه ها پیروی نکنید. مدهای مدیریتی را دنبال نکنید. هر موقعیتی دیکته می کند که چه رویکردی مأموریت گروه را بهتر به نتیجه می رساند.

درس ۱۲: خوش بینی همیشگی یک عامل تقویت کننده مؤثر است.

درس ۱۳: قوانین پاول برای انتخاب افراد: هوش و [قابلیت] داوری و مهم تر از آن، ظرفیت پیش بینی و دیدن زوایا [ی پنهان] را جستجو کنید. همچنین به دنبال وفاداری، امانت داری، انرژی بالا، ضمیر متعادل و علاقه به سرانجام رساندن کارها باشید.

درس ۱۴: رهبران بزرگ در ساده سازی بی نظیرند و قادرند با برطرف کردن شک و ابهام ها راهکارهایی ارائه کنند که همه بتوانند آن را درک کنند.

درس ۱۵: بخش نخست: از فرمول زیر استفاده کنید:

$$P = 40 \text{ to } 70$$

که در آن P احتمال موفقیت و اعداد ۴۰ تا ۷۰ درصد اطلاعات کسب شده است. بخش دوم: هنگامی که اطلاعات موجود بین ۴۰ تا ۷۰ باشد، با شجاعت شروع کنید.

درس ۱۶: همیشه حق با فرمانده حاضر در میدان است و رده های دورتر از میدان اشتباه می کنند، مگر اینکه خلاف آن اثبات شود.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

درس ۱۷: از فرماندهی خود لذت ببرید. همیشه گام های خیلی خطرناک بردارید. وقتی به هدف رسیدید، به خود استراحت بدهید. با خانواده تان وقت بگذرانید. نتیجه فرعی: افرادی را دور خود جمع کنید که کارشان را جدی می گیرند، نه خودشان را؛ کسانی که سخت کار می کنند و سخت تفریح می کنند.

درس ۱۸: فرمانده تنهاست.

به نظر هراری، پروفیسور مدیریت در دانشگاه سانفرانسیسکو، سیستم رهبری پاول بر مبنای "نوعی رهبری کاربردی، مبتنی بر مأموریت و بر پایه نیروی انسانی است که ... به تعالی عملکرد و موفقیت رقابتی تفسیر شده است."

پاول برای تهییج نیروهای خود از صدای بلند استفاده نمی کند. او مؤدب است و "علاقه ای به تشر زدن به افراد ندارد. او اعتقاد دارد که افراد ترسیده و وحشت زده ابتکار عمل و مسؤولیت پذیری ندارند و در نهایت سازمان شان را دچار مشکل می کنند."

از سوی دیگر، به نظر هراری، پاول اهمیتی به ناراحت کردن دیگران نمی دهد – بویژه اگر در راستای رسیدن به تعالی سازمانی باشد. "مسئول بودن گاهی به معنای ناراحت کردن دیگران است"، قولی است که هراری از پاول نقل می کند. او معتقد است که رهبران خوب باید با وضع موجود مبارزه کنند.

هراری کتاب *رازهای رهبری کالین پاول* را با این جمله به پایان می رساند که: "رهبری رتبه و درجه نیست، امتیاز نیست، عناوین نیست، یا پول هم نیست. رهبری مسؤولیت است."

دونالد فیلیپس، نویسنده کتاب *رهبری لینکلن – استراتژی های اجرایی برای زمان های سخت*، اصول رهبری لینکلن را به شکل زیر بیان می کند:

- از دفتر کار خارج شوید و بین نیروها بگردید.
- اتحادهای مستحکم بسازید.
- به جای وادار کردن، ترغیب کنید.
- صداقت و درستی بهترین سیاست ها هستند.
- هیچ گاه بواسطه انتقام عملی انجام ندهید.
- شهادت پذیرش انتقادهای ناعادلانه را داشته باشید.
- قاطع باشید.
- از طریق رهبری شدن، رهبری کنید.
- اهداف را مشخص کنید و متمرکز به نتیجه باشید.
- نوآوری را تشویق کنید.
- یک چشم انداز مشخص کرده، پیوسته آن را تکرار کنید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

در دوران مدرن، اصل "از دفتر کار خارج شوید و بین نیروها بگردید" به عنوان مدیریت با پرسه زدن در اطراف (MBWA)^{۱۰} شناخته می شود و توسط تام پیترز و رابرت واترمن در کتاب *در جستجوی تعالی*، در سال ۱۹۸۲ توضیح داده شده است. این اصل با نام ها و اصطلاحات دیگری هم، مانند "رهبری با گردش کردن"^{۱۱}، "در دسترس بودن" و "خارج شدن از برج عاج" شناخته می شود. این اصل صرفاً بیرون آمدن از دفتر کار و تعامل داشتن با دیگران است. پیترز و نانسی آستین، در کتاب *اشتیاقی به تعالی*، MBWA را به شکل "فناوری های بدیهی" تعریف کرده اند.

رهبران در هر مرحله از زندگی پدیدار می شوند تا دیگران را در یک راه مشخص در جهت تغییر و به سمت یک هدف نهایی هدایت کنند. رهبری اثربخش کار آسانی نیست. تاریخ نشان داده است که مسؤولیت ها و مخاطرات رهبری به اندازه پاداش آن بزرگ است. مطالعات جدید در زمینه رهبری روی نیاز به ایجاد روابط و پیوندهای بین فردی مستحکم تأکید می کند. وارن بنیس و برت نانوس در کتاب *شان، رهبران، تأکید می کنند* که "رهبری اعتماد ایجاد می کند، رهبران توجه می کنند؛ آنها این توانایی را دارند که به دیگران اعتماد کنند حتی اگر ریسک این کار زیاد به نظر برسد."

نخستین تعریف "رهبر"^{۱۲} در فرهنگ لغات انگلیسی آن را به صورت رویش اولیه یک گیاه و شاهزادگی اصلی که ارگانسم ها از طریق آن زندگی و رشد می کنند، توصیف می نماید. دقیقاً به همین شیوه، سازمان ها در نتیجه توانایی رهبران شان برای تجسم بخشیدن و برقراری ارتباط با چشم انداز سازمان کامیاب می شوند یا می میرند. چگونگی تأثیر رهبر نگهداشت و قابلیت اطمینان روی دیگران، تا حد زیادی سلامت واحد M&R و در نهایت کل سازمان را مشخص می کند.

چشم اندازهای اثربخش، طبق نظر تام پیترز، الهام بخش هستند. آنها باید "واضح و چالش برانگیز و در مورد تعالی باشند." چشم انداز شامل بیان مختصری از تصویر جایی است که سازمان و کارکنان اش به سمت آن حرکت می کنند و دلیل اینکه چرا باید به آن مفتخر باشند. یم چشم انداز اثربخش کارکنان را توانمند می کند و در همان حال که ریشه در گذشته دارد، آنها را برای آینده آماده می نماید. رهبری چشم انداز را خلق می کند و به کارکنان نیرو می دهد تا به موفقیت سازمان ها و افراد کمک کنند. شکل ۳.۲ نتایج یک پژوهش را در مورد رتبه بندی پنج ویژگی کلیدی رهبری نشان می دهد.

۱. جذبه (گیرایی)^{۱۳}

۲. شایستگی

۳. ارتباطات

۴. نیرو بخشیدن (تهییج) به کارکنان

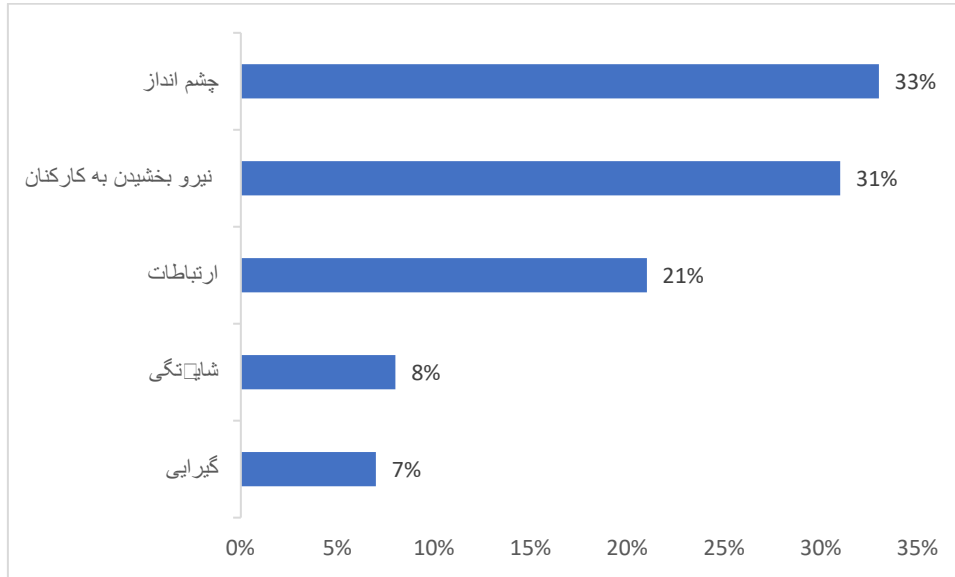
۵. (آفرینش) چشم انداز

10 Management by Wandering Around

11 roving leadership

12 leader

13 Charisma



شکل ۳.۲- نتایج پژوهش ویژگی های رهبری

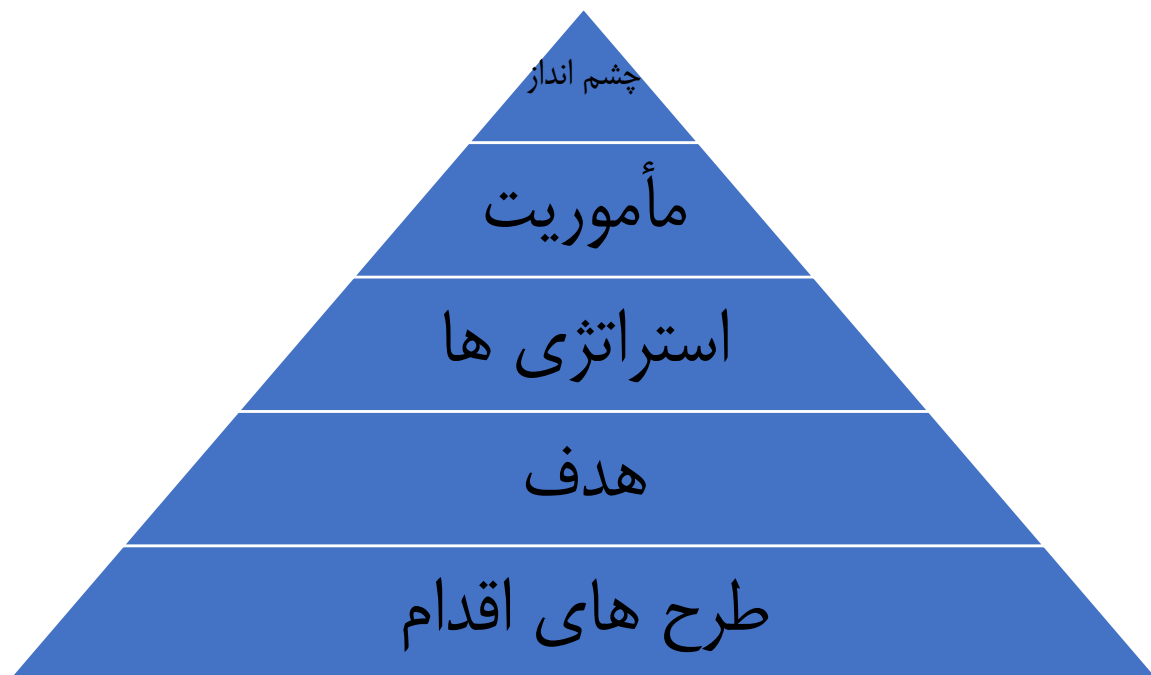
براساس این پژوهش، رهبری نقش مهمی در آفرینش چشم انداز و تهیج نیروی کار دارد. یکی از مهم ترین عواملی که مانع موفقیت یک سازمان می شود کمبود یا نبود پشتیبانی رهبری برای پیاده سازی تغییر است. مشخص شده است که رهبران موفق کیفیت های مشترکی دارند که برای بهبود فرآیندهای آنها لازم است. آنها از عوامل زیر پشتیبانی می کنند:

- خلق چشم انداز و مأموریت سازمان
- حصول اطمینان از قابلیت دسترسی به منابع
- قدرتمندسازی مدیران میانی با اختیار و پاسخ گویی
- حصول اطمینان از اینکه اهداف شخصی و گروهی با چشم انداز و اهداف سازمان همراستا هستند
- نگرستن به آموزش به عنوان یک سرمایه گذاری در توسعه نیروی کار، به جای یک هزینه غیر لازم
- همراستا و یکپارچه کردن همه تغییرات و بهبودهای فرآیندها (راهکارهای برتر) در راستای برآورده کردن اهداف کلی سازمان

۴.۲- چارچوب استراتژیک: چشم انداز، مأموریت و اهداف

هم سازمان و هم کارکنان آن نیازمند استقرار یک چارچوب استراتژیک برای موفقیت های بزرگ هستند. این چارچوب، که در شکل ۴.۲ نشان داده شده است، شامل موارد زیر است:

- چشم اندازی برای آینده – ما و سازمان در حال حرکت به کدام سوی هستیم؟
- مأموریتی که آنچه را که قصد انجام آن را داریم تعریف می کند – چه کاری انجام خواهد شد؟
- ارزش هایی که کنش های ما را شکل می دهند – چرا در این جهت حرکت می کنیم؟
- استراتژی هایی که مبدأ رویکردهای کلیدی موفقیت هستند – چگونه به آنجا خواهیم رسید؟
- اهداف و طرح های اقدام^{۱۴} برای هدایت فعالیت های روزانه، هفتگی و ماهانه ما – کی به آنجا خواهیم رسید؟



شکل ۴.۲- یک چارچوب استراتژیک برای موفقیت

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

موفقیت یک سازمان یا موفقیت شخصی ما به این بستگی دارد که چقدر خوب هر یک از این مفاهیم با اهمیت را تعریف کرده، با آنها زندگی می کنیم. براساس گزارش مطالعات کاری واتسون ویات^{۱۵}، مشخص شده است که سازمان هایی که کارکنان آنها مأموریت و اهداف سازمان را درک می کنند، ۲۹٪ بازگشت سرمایه بیشتری از سایر سازمان ها دارند.

پیمایش بینش کارکنان Workplace 2000 گزارش کرده است که کارگران آمریکایی علاقه دارند که کارشان تغییری ایجاد کند، ولی ۷۵٪ آنها فکر نمی کنند که بیانیه مأموریت شرکت آنها روش کسب و کار آنها را بیان کند.

چشم انداز

بیانیه چشم انداز یک اعلان کوتاه، مختصر و الهام بخش از چیزی است که سازمان تمایل دارد باشد یا در آینده به آن دست یابد. چشم انداز به مجموعه ای از اهداف اشاره دارد که گسترده، جامع و آینده نگرانه هستند. چشم انداز تصویری است که یک کسب و کار باید نسبت به اهداف اش داشته باشد، پیش از آنکه برای رسیدن به آنها برنامه ریزی کند. چشم انداز آرزوهای [سازمان] برای آینده را، بدون مشخص کردن ابزارهای رسیدن به آنها، توصیف می کند.

موفقیت شرکتی به چشم اندازی بستگی دارد که توسط رهبران و مدیریت سازمان بیان می شود. برای اینکه یک چشم انداز اثری روی کارکنان یک سازمان داشته باشد، باید به شکل مهیج و پایداری بیان شود. اثربخش ترین چشم اندازها آنهایی هستند که الهام بخش بوده، از کارکنان بخواهند که حداکثر تلاش شان را بکنند و آن را بطور پیوسته یادآوری کنند. بیانیه چشم انداز یک اعلامیه رسمی است درباره چیزی که یک سازمان می خواهد باشد. باید به همه کارکنان سازمان کمک کند که احساس غرور و هیجان داشته، خود را بخشی از چیزی خیلی بزرگتر از خودشان بدانند. یک بیانیه چشم انداز باید توانمندی های سازمان و تصویر آن از خودش را بسط دهد. همچنین به آینده سازمان شکل و جهت می دهد. چشم اندازها از نظر طول می توانند از چند کلمه تا چندین صفحه باشند. چند نمونه بیانیه چشم انداز در شکل ۵.۲ ارائه شده اند.

بیانیه چشم انداز

"فراهم کردن سید محصولی از برندهای نوشیدنی برای جهان که علایق و نیازهای مردم را پیش بینی و برآورده کند. همچنین، مکان فوق العادی برای کار کردن، که افراد تشویق شوند که بهترین خودشان باشند."
"تبدیل شدن به شرکت پیشرو (رهبر) برای محصولات و خدمات مربوط به اتومبیل."

سازمان

شرکت کوکاکولا

شرکت فورد موتور

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

کرافت فودز "یاری رساندن به انسان ها در اقصی نقاط دنیا برای اینکه بهتر بخورند و زندگی کنند."

والمارت "دادن امکان خرید کالاها را مشابه انسان های ثروتمند، به افراد عادی." فدرال اکسپرس "در فدکس ما متعهد به انسان ها - خدمت - فلسفه سودآوری هستیم.

ما از طریق فراهم کردن امکان انتقال قابل اطمینان، ممتاز، قابل رقابت، جهانی و هوایی کالاها و مدارک با کیفیتی که نیازمند حمل سریع و در زمان مشخص هستند، چرخش مالی خارق العاده ای ایجاد خواهیم کرد." هارلی - دیویدسون "محقق کردن رویاها از طریق تجربه موتورسیکلت."

جامعه متخصصان "تبدیل شدن به سازمانی جهانی و شناخته شده در زمینه تأمین مزیت نگهداشت و قابلیت رقابتی از طریق مدیریت دارایی های فیزیکی بهبود یافته." اطمینان (SMRP)

"مرجع برتر برای پیشرفت مدیریت دارایی های فیزیکی (اصلاح شده در ۱۴ جولای ۲۰۱۰)." ۵.۲ - نمونه بیانیتهای چشم انداز

وارن بنیس، یک نویسنده شناخته شده در زمینه رهبری، می گوید: "برای انتخاب جهت، رهبران باید تصویر ذهنی توسعه یافته ای از آینده محتمل و مطلوب سازمان داشته باشند. این تصویر، که آن را چشم انداز می نامیم، باید به اندازه یک رؤیا مبهم یا به اندازه یک هدف یا بیانیته مأموریت دقیق باشند." SMRP یک انجمن پیشرو و غیرانتفاعی در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان است؛ این انجمن فرصت هایی برای اعضایش فراهم می کند تا راهکارهای برتر و سایر فرصت های آموزشی و شبکه سازی را از طریق همایش ها و کارگاه های آموزشی با یکدیگر تبادل کنند. این انجمن ابتکار عمل استانداردسازی تعاریف و معیارهای نگهداشت را بر عهده گرفته است. چشم انداز بازوی صدور گواهینامه SMRP این است که حداقل یک متخصص دارای تأییدیه نگهداشت و قابلیت اطمینان (CMRP) در هر کارخانه ای در جهان وجود داشته باشد.

گاهی تصویری که توصیف کننده چشم انداز باشد، به شکل بسیار مؤثرتری می تواند پیام را منتقل کند. شکل ۶.۲ تصویری است که بیانیته چشم انداز یک سازمان را نمایش می دهد. این سازمان تصویر چشم انداز خود را در اواسط دهه ۱۹۹۰ توسعه داده است که تبدیل شدن به بهترین سازمان در زمینه M&R است. اتوبوس ها (افراد) به صف شده اند تا موفقیت برنامه M&R خود را ببینند. آنها مسافت طولانی از حالت واکنشی به فرهنگ پیش کنشی و مبتنی بر قابلیت اطمینان طی کرده اند؛ سفر آنها به سوی تعالی، علیرغم چندین تغییر در مدیریت ارشد M&R سازمان، ادامه پیدا می کند.

شکل ۶.۲- تصویر ساده ای از چشم انداز

مثال هایی از بیانیه های چشم انداز نگهداشت به شکل زیر است:

۱- بیانیه چشم انداز نگهداشت

استفاده از نیروی کار مجرب و یکارگیری استراتژی های اثربخش نگهداشت برای قرار دادن سازمان "الف" به عنوان تولید کننده پیشرو در صنعت.

۲- بیانیه چشم انداز نگهداشت

یک سیستم نگهداشت کلاس جهانی با یک رویکرد استاندارد شده برای برنامه ریزی، ردیابی و تحلیل فرآیندهای نگهداشت و تولید.

چشم انداز باید نشان دهد که سازمان چگونه میل دارد کارهای برجسته ای را انجام دهد که اثبات کننده بزرگی، برانگیزانندگی و اقتاع کنندگی آن هستند.

بیانیه های مأموریت

بیانیه های مأموریت و چشم انداز تفاوت زیادی دارند. بیانیه مأموریت، چشم انداز یک سازمان است که به شکل نوشته شده درآمده است. این بیانیه، دیدگاه رهبر از جهت گیری و مقصود سازمان را بیان می کند. برای بسیاری از رهبران شرکت ها، این بیانیه یک عامل حیاتی در راستای هرگونه تلاشی به منظور تهییج کارکنان و مشخص کردن اولویت ها برای آنها است.

بیانیه مأموریت باید اعلام کوتاه و مختصر اهداف و اولویت ها باشد. در عوض، اهداف باید کاملاً مشخص بوده، دوره زمانی مشخصی داشته، براساس واقعیت ها بیان شوند. هدف اصلی هر کسب و کاری افزایش ارزش ذی نفعان است. مهمترین ذی نفعان سهامداران صاحب کسب و کار، کارکنان آن کسب و کار و ارباب رجوع یا مشتریانی هستند که محصولات یا خدمات آن کسب و کار را خریداری می کنند. مأموریت باید به پرسش های زیر پاسخ دهد:

۱. چه کاری انجام می دهیم؟ مقصود سازمان چیست؟
۲. چگونه آن کار را انجام می دهیم؟ موضوع منحصر بفرد در مورد سازمان چیست؟
۳. این کار را برای چه کسی انجام می دهیم؟ مشتریان و ذی نفعان ما کیستند؟
۴. ارزش ها و اعتقادات ما چیست؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

چه کاری/انجام می دهیم؟ پاسخ این پرسش آن چیزی نیست که بطور فیزیکی به مشتریان ارائه می دهیم، بلکه نیازهای واقعی و روان شناختی از مشتریان است که با خرید محصولات یا خدمات ما برآورده می شود. مشتریان تصمیم های خریدشان را به دلایل فراوانی می گیرند که شامل عوامل اقتصادی، پشتیبانی و احساسی است.

چگونه آن کار را/انجام می دهیم؟ این پرسش عوامل فنی تر کسب و کار را شناسایی می کند. پاسخ ما باید شامل محصول فیزیکی یا خدمت، چگونگی فروش و تحویل آن به مشتری و چگونگی انطباق آن با آن نیازی از مشتری باشد که با خرید [از ما] برآورده می شود.

این کار را برای چه کسی/انجام می دهیم؟ پاسخ این پرسش هم حیاتی است، چرا که به ما کمک می کند تا تلاش هایمان را متمرکز کنیم. هر کسی که از محصولات یا خدمات ما استفاده می کند مشتری ما است. می تواند فرد یا سیستم بعدی در خط تولید باشد که آنچه را که ما تولید کرده ایم، یا خدمت ما را، تحویل می گیرد. در ابعاد وسیع تر، می تواند شامل ذی نفعانی باشد که برای آنها این کار را انجام می دهیم.

ارزش ها و اعتقادات ما چیست؟ ارزش ها و اعتقادات، راهنمای طرح ها، تصمیمات و اقدامات ما هستند. ارزش ها زمانی واقعی می شوند که آنها را در روش عمل مان و پافشاری بر آن روش ها نشان دهیم. در سازمان هایی که نگاه رو به جلو داشته، پر انرژی هستند، ارزش ها رئیس واقعی هستند. آنها نیروی کار را در جهت درست هدایت کرده، آنها را در این جهت نگاه می دارند.

سه مزیت اصلی مرتبط با بیانیه های مأموریت

۱. به سازمان ها کمک می کنند تا، با تعریف مرزهایی که در محدوده آنها عمل می کنند، روی استراتژی متمرکز شوند.
۲. معیارهایی را تعریف می کنند تا عملکرد سازمان را اندازه گیری و ارزیابی نمایند.
۳. استانداردهایی را برای هر رفتار اخلاقی پیشنهاد می دهند.

استفان کاوی در کتاب اش، *اولویت دادن به اولویت ها*^{۱۶}، خاطر نشان می کند که بیانیه های مأموریت اغلب در سازمان ها جدی گرفته نمی شوند، چرا که توسط مدیران ارش تهیه می شوند، بدون اینکه مورد پذیرش سطوح پایین تر قرار بگیرند.

اولویت دادن به اولویت ها در اصل در مورد مودیریت زمان است، ولی کاوی و همکاران اش از بیانیه مأموریت شخصی به عنوان یک اصل مهم استفاده می کنند. ایده این است که اگر ما در زندگی بیانیه

۱۶ این کتاب در ایران با نام "اولویت دادن به اولویت ها" توسط افشین ابراهیمی ترجمه و در سال ۱۳۹۵ توسط انتشارات نسل نواندیش منتشر شده است

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ای داشته باشیم که نشان دهد چه چیزی واقعا برایمان مهم است، می توانیم تصمیم های بهتری در مورد مدیریت زمان بگیریم. نویسندگان می پرسند که، "چرا باید در مورد ذخیره کردن دقایق نگران باشیم، وقتی که ممکن است سال های زیادی را تلف کنیم؟"

شاید بیانیه مأموریت ارزشمند باشد، ولی روش استفاده ما از آن اهمیت بیشتری دارد. به عنوان راهی برای توسعه بیانیه مأموریت، کاوی در مورد تجسم کردن تولد ۸۰ سالگی تان یا ۵۰ امین سالگرد ازدواج تان صحبت می کند و اینکه تصور کنید دوستان و خانواده شما در موردتان چه خواهند گفت. یه رویکرد تا حدودی ناخوشایندتر، ولی اثربخش، نوشتن آگهی درگذشت خودتان است.

آیا می توانیم تجسم کنیم که چگونه خواهد شد اگر هیچ شکست دارایی رخ ندهد یا تولید در یک ماه، یا حتی سه ماه، بدون هیچگونه اضافه کاری طبق زمان بندی انجام شود یا اگر برای سه ماه هیچگونه تماس نیمه شبی نباشد و بتوانیم بدون هیچگونه نگرانی بخوابیم؟

تهیه بیانیه مأموریت

- بیانیه مأموریت باید مقصود کلی سازمان را توصیف کند.
- اگر سازمان تصمیم بگیرد که پیش از تهیه بیانیه مأموریت، بیانیه چشم انداز را تهیه کند، بپرسید که "چرا این تصویر، این چشم انداز، وجود دارد و هدف آن چیست؟" پاسخ این پرسش، اغلب معادل همان مأموریت سازمان است.
- هنگام نوشتن بیانیه مأموریت، محصولات، خدمات، بازارها، ارزش ها، اهمیت تصویر عمومی و شاید اولویت بندی فعالیت های لازم برای پابرجا ماندن سازمان را در نظر بگیرید.
- مطمئن شوید متن نوشته شده بیانیه مأموریت به گونه ای باشد که هم مدیریت و هم کارکنان بتوانند اولویت های سازمان برای ارائه محصولات و خدمات را از آن استنباط کنند.

در ادامه تعدادی بیانیه مأموریت مرتبط با M&R به صورت نمونه آورده شده است:

بیانیه مأموریت واحد تأسیسات یک مجموعه آموزشی

این واحد یک سازمان خدماتی است که هدف و مقصود اصلی آن تأمین بهترین امکانات و شرایط ممکن برای پشتیبانی از دروس، برنامه های آموزشی و خدمات عمومی دانشگاهی است. ما تلاش می کنیم تا از طریق ارائه خدمات عالی و توجه به تأمین کنندگان خدمات مان، به مشتریان احساس الهام بخشی و تعالی را منتقل کنیم.

بیانیه مأموریت یک واحد نگهداشت

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مدیریت کسب و کار نگهداشت به روشی که باعث تسهیل فرآیند تولید شده، منجر به محصولات با کیفیت بالا، هزینه های عملیاتی اندک، استفاده از همه منابع و همکاری کارکنان تولید و نگهداشت به سمت یک هدف مشترک گردد.

بیانیه مأموریت یک سازمان نگهداشت

پیشینه کردن عملکرد تجهیزات، پرورش محیطی سرشار از حس مالکیت و غرور، از طریق یک رویکرد سازمان یافته به نگهداشت پیش بینانه و پیشگیرانه.

بیانیه مأموریت جامعه متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان (SMRP)

- تسهیل تبادل اطلاعات از طریق یک شبکه سازمان یافته از متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان
- پشتیبانی از نگهداشت و قابلیت اطمینان به عنوان بخش جداناپذیری از مدیریت کسب و کار
- ارائه یک صدای واحد در موضوعات نگهداشت و قابلیت اطمینان و توسعه روش های خلاقانه نگهداشت و قابلیت اطمینان
- ترویج و پشتیبانی از آموزش نگهداشت و قابلیت اطمینان به افراد و فرآیندهای تولید و کیفیت، به منظور بهبود محیط کار

اگر محیط تغییر کند، ممکن است لازم باشد بیانیه های مأموریت هم ویرایش شوند تا تغییرات یا اضافات در الزامات، سیستم های انتقال و گروه های مشتریان را برآورده کنند. با توجه به این، بیانیه های چشم انداز و مأموریت باید به صورت دوره ای بازبینی شوند تا مشخص شود که آیا اصلاحاتی برای انعکاس دقیق تر محیط فعلی یا جهت استراتژیک سازمان لازم است یا نه. SMRP در جولای ۲۰۱۰ بیانیه مأموریت خود را بازبینی و به روز رسانی کرد. این بیانیه اکنون به صورت زیر است:

"گسترش، ترویج و پیشرفت رهبران قابلیت اطمینان و مدیریت دارایی های فیزیکی"

استراتژی شرکتی

استراتژی واژه گسترده ای است که عموماً به هر طرز فکری اشاره دارد که به تصویر بزرگتری نگاه می کند. سازمان های موفق آنهایی هستند که تلاش های شان را بصورت استراتژیک متمرکز می کنند. برای دستیابی به رضایت مشتری و حتی فراتر رفتن از آن، ضرورت دارد که تیم کسب و کار از یک استراتژی کلی سازمانی پیروی کند. یک استراتژی موفق، از طریق برآورده کردن بهتر نیازهای مشتریان هدف نسبت به رقبا، در درازمدت به ارزش و اعتبار آنها می افزاید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

استراتژی شیوه ای است که جهت گیری سازمان ها را نسبت به بازاری که در آن فعالیت می کنند و همچنین نسبت به شرکت های رقیب مشخص می کند. استراتژی طرحی است که بر مبنای مأموریت سازمان تنظیم می شود تا یک مزیت پایدار در برابر رقبا بدست آید.

اهداف باید:

- متمرکز بر نتیجه باشند، نه فعالیت
- سازگار (نامتناقض) باشند
- معین باشند
- قابل اندازه گیری باشند
- وابسته به زمان باشند
- قابل دستیابی باشند

تعیین اهداف

خروجی اصلی برنامه ریزی استراتژیک، پس از جمع آوری همه اطلاعات لازم، تعیین اهداف سازمان بر مبنای چشم انداز و بیانیه مأموریت آن است. هدف یک مقصد بلند مدت برای یک دوره زمانی معین است. باید مشخص و واقع نگرا نه باشد. اهداف بلند مدتی که از طریق برنامه ریزی استراتژیک مشخص می شوند، از طریق برنامه ریزی عملیاتی به مجموعه فعالیت هایی تبدیل می شوند که رسیدن به آن اهداف را تضمین می کنند. نمونه هایی از اهداف M&R شامل دستیابی به ۹۰٪ تطابق نگهداشت پیشگیرانه یا کاهش اضافه کاری به زیر ۵٪ در یک دوره زمانی مشخص هستند.

۵.۲- مدیریت تغییر

بدون توجه به اینکه چه تعداد هدف تعیین شده اند یا چشم انداز چقدر والا است، یک سازمان فقط می تواند تا جایی پیشرفت کند که فرهنگ سازمانی اش اجازه می دهد. هر سازمانی که بخواهد در تغییر فرهنگی موفق باشد، باید شکلی از فرآیند مدیریت تغییر را داشته باشد. حتی اگر سازمان فرآیند رسمی (نوشته شده) مدیریت تغییر نداشته باشد هم، شکلی از این فرآیند در سازمان وجود خواهد داشت. ولی نرخ موفقیت این تغییرات احتمالا تحت تأثیر عواملی مانند جاذبه مدیریت یا چشم انداز تیم کاری او محدود خواهد شد.

فرآیند تغییر فرهنگی از طرز فکر واکنشی به پیش کنشی مشابه بحثی است که در بخش ۲.۲ در پاسخ به این پرسش مطرح شد که "فرهنگ سازمانی چیست؟" باید اثبات شود که چرا رویکردهای پیشگیرانه و مبتنی بر وضعیت بهتر از کار واکنشی هستند. وادار کردن افراد به تغییر آنچه انجام می دهند یا شیوه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

تفکرشان زمان بر است. دستکم، زمان بسیاری برای ایجاد عادت های فعلی آنها صرف شده است. انسان ها بعضی کارها را به روش های خاصی انجام می دهند. در عوض، هنگامی که می خواهیم کارها را به شیوه متفاوتی انجام دهند یا در طرح (چشم انداز) ما شریک شوند، در حقیقت از آنها می خواهیم که از محدوده آسایش شان خارج شوند. باید دلایل بسیار قانع کننده ای داشته باشیم تا افراد حاضر به تغییر شوند؛ باید آنها را تشویق کنیم تا تغییر را بپذیرند. این دلایل به فرآیند پیاده سازی تغییر کمک بزرگی می کنند. ما متوجه شده ایم که پیاده سازی تغییرات با گام های کوچک یا به طور آزمایشی در یک منطقه کوچک به این فرآیند کمک می کند. شکل ۷.۲ فرآیند تغییر فرهنگی را نشان می دهد.

مدیریت تغییر سازمانی نیاز به یک رویکرد سازمان یافته برای تغییر و کمک به مدیریت اجرایی، واحدهای کسب و کار و هر یک از کارکنان برای تبدیل شدن از حالت فعلی به شرایط مطلوب دارد. هدف اصلی کمک به کارکنان است تا بتوانند خود را با تغییر وفق دهند: حداقل کردن انتظارات برآورده نشده و از دست رفتن کنترل، که می تواند به آسانی منجر به ایجاد مقاومت از طرف کسانی شود که واقعا باید تغییر کنند.

شکل ۷.۲- فرآیند تغییر فرهنگی

اجزای کلیدی هرگونه تلاش موفقیت آمیزی برای تغییر فرهنگی عبارتند از:

۱. تأثیر گذاری بر رفتارها برای تغییر آنها

۲. غلبه بر مقاومت ها در برابر تغییر

برای تأثیر گذاری بر رفتارها برای تغییر آنها، اقدامات زیر پیشنهاد می شوند:

- درک [افراد] را افزایش دهید (یعنی چرا این تغییر لازم است و چگونه به چشم انداز مرتبط است).
- اهداف و انتظارات را مشخص کنید.
- فرآیندی برای شناسایی و تشویق ایجاد کنید.
- نقش ها را تعریف کرده، شفاف سازی کنید.
- فرآیند و روش های اجرایی را تهیه و استانداردسازی کنید.
- انضباط را برقرار کنید، سرسختی را گسترش دهید و پیگیر باشید.

برای غلبه بر مقاومت ها در برابر تغییر، اقدامات زیر پیشنهاد می شوند:

- گوش کرده، گفتگو کنید.
- آگاهی را گسترش دهید.
- برای ایجاد فهم و درک یکسان، آموزش دهید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- اعضای گروه ها را درگیر کار کرده، اجازه دهید شاهد موفقیت ها باشند.
- به اعضای گروه ها این اختیار را بدهید که فرآیند تغییر را، در صورت نیاز، بهبود و سامان دهند.

نقش نماینده تغییر^{۱۷}

نماینده تغییر شخص مهم دیگری است که به پیاده سازی موفق تغییرات کمک می کند. نمایندگان تغییر برای کمک به اتفاق افتادن تغییرات و درگیر نگاه داشتن دیگران در پیاده سازی تغییر، دارای قدرت، اعتقاد راسخ، جذبه و کاردانی لازم هستند. آنها معمولاً توانایی هایی دارند که برخی از آنها عبارتند از:

- آنها سیاست سازمان را برای تکمیل کردن کار می دانند، ولی در کار مشارکتی ندارند.
- درک خوبی از فرآیندها، بهبودهای مورد نیاز و موضوعات مشترک، شامل اثرات مالی تغییر، دارند.
- تحلیل گران زیرکی هستند که می توانند تغییرات را تبلیغ و از آنها در برابر هر سطحی از سازمان دفاع کنند.
- آنها می توانند به چندین زبان سازمانی صحبت کنند یا پیش زمینه مشخصی در آن زبان ها دارند – بازاریابی، مالی، عملیات، مهندسی و غیره.
- اشتیاق فراوانی برای بهبود دارند؛ همچنین، از دل آشوب نظم را خارج می کنند.

نماینده تغییر یک نقش بسیار مهم در هر سازمانی است که تلاش می کند تا فرهنگ قابلیت اطمینان را پیاده سازی کند. این نقش باید بر عهده فردی در رده مدیریت ارشد گذاشته شود که احترام و اعتماد دیگران را داشته باشد.

۶.۲ – فرهنگ قابلیت اطمینان

فرهنگ قابلیت اطمینان چیست؟

آیا می توانیم فرهنگ قابلیت اطمینان را تعریف کنیم؟ هنگامی که کسی می گوید سازمان "الف" فرهنگ قابلیت اطمینان دارد، منظورش چیست؟ آیا معیاری برای اندازه گیری آن وجود دارد؟ مشکل اینجاست که فرهنگ – هر نوعی از فرهنگ – یک مفهوم "حسی و احساسی" است که تعریف و اندازه گیری دقیق آن سخت است.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

می توانیم اثر فرهنگ قابلیت اطمینان را در خروجی نهایی یا خدمات ارائه شده یک سازمان ببینیم. از آنجا که قابلیت اطمینان باعث می شود نیازهای مشتری به موقع و با اثربخش ترین هزینه برآورده شوند، درآمد خالص^{۱۸} سازمان را بهبود می دهد. در یک سازمان مبتنی بر قابلیت اطمینان:

- دارایی ها، در زمان نیاز، قابل اطمینان و در دسترس هستند – **زمان در دسترس**^{۱۹} بالا
- دارایی ها مطابق طراحی، در حال کارکرد و تولید هستند
- هزینه های نگهداشت منطقی است (در سطح بهینه)
- کارخانه ایمن و قابل اطمینان کار می کند

اهمیت قابلیت اطمینان و پیاده سازی راهکارهای برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان در بالاترین سطح سازمان بررسی می شود. بیشتر سازمان ها در مورد RCM و قابلیت اطمینان صحبت می کنند، ولی به صورت یک "برنامه موقت" به آن نگاه می کنند و اهمیت اش را در طول زمان از دست می دهد. تغییر فرهنگ فعلی "کارکرد تا شکست"^{۲۰} یا نبود برنامه نگهداشت پیشگیرانه یا برنامه PM ضعیف به یک فرهنگ قابلیت اطمینان پایدار، سال های طولانی زمان می برد و نیازمند پشتیبانی دائمی مدیریت و تأمین منابع است.

در یک فرهنگ قابلیت اطمینان، پیشگیری از شکست ها مورد تأکید همه سطوح سازمان است. تمرکز همه نیروی کار روی قابلیت اطمینان دارایی ها است. طرز فکر و عمل نیروی کار – اپراتورها، کارکنان نگهداشت و مهندسان – به گونه ای است تا مطمئن شوند که:

- دارایی ها در زمان نیاز برای تولید در دسترس هستند
- دارایی ها با هزینه منطقی نگهداری می شوند
- طرح نگهداشت بهینه است (RCM یا مبتنی بر CBM)
- طرح نگهداشت تأسیسات اثربخش است – قانون ۲۰/۸۰ پیاده شده است تا کارها اولویت بندی شوند. بیشتر کارها برنامه ریزی و زمان بندی شده اند.

اگر یک دارایی دچار شکست شود، به سرعت تعمیر می شود، علت ریشه ای مشخص می شود و اقدام لازم برای پیشگیری از شکست های آتی انجام می شود. تحلیل قابلیت اطمینان تأسیسات/دارایی به صورت دوره ای انجام می شود تا زمان در دسترس را افزایش دهد. نیروی کار برای استفاده عملی و پیوسته از مفاهیم قابلیت اطمینان و راهکارهای برتر آموزش داده می شود.

18 bottom-line

19 uptime

20 run-to-failure

فرهنگ قابلیت اطمینان – ایجاد و تداوم

بیایید به یک اتفاق واقعی در یک کارخانه نگاهی بیندازیم، که در آن یک دارایی دچار شکست/از کار افتادگی شده است.

واحد عملیات گزارش داد که "شیر P-139" بسته نمی شود. عملیات با یک راه حل موقت، فرآیند را ادامه داد. خرابی، با یک درخواست اضطراری در سیستم CMMS/EAM برای تعمیر شیر، به واحد نگهداشت اطلاع داده شد.

رویدادهای زیر اتفاق افتاد:

- نگهداشت یک تکنیسین مکانیک برای بررسی و تعمیر شیر اعزام کرد.
- تکنیسین مکانیک در بدو ورود متوجه "بوی سوختگی" شد و به سوختن یک موتور الکتریکی روی یک پمپ هیدرولیک مشکوک شد. او از یک تکنیسین برق کمک خواست.
- تکنیسین برق تشخیص داد که موتور دچار شکست شده است. او از سرپرست اش خواست تا موتوری برای جایگزینی پیدا کند.
- سرپرست با انباردار تماس گرفت. انباردار متوجه شد که موتور یدکی در انبار نیست.
- سرپرست با عملیات تماس گرفت تا اطلاع دهد که موتور دچار شکست شده است و تعمیر آن چند روز طول می کشد. عملیات خواستار تعمیر سریع شد، لذا سرپرست با مهندس کارخانه تماس گرفت تا برای پیدا کردن یک موتور یدکی کمک کند.
- مهندس کارخانه و سرپرست همان نوع موتور را در یک سیستم مشابه پیدا کردند که استفاده نمی شد. سرپرست گروه دیگری را فرستاد تا این موتور را خارج کنند، در حالی که همزمان گروه نخست موتور سوخته را باز می کردند.
- نگهداشت موتور را تعویض و اتصالات آن را تنظیم کرد. شیر آماده عملیات شد.
- دستور کار با توضیح "شیر تعمیر شد" بسته شد.
- عملیات به خاطر این تعمیر چهار ساعته (به جای دو روز) خوشحال بود و ایمیلی برای سپاسگزاری از کار خوب گروه نگهداشت ارسال کرد.

این کارخانه چه نوع فرهنگی دارد؟ چه پیامی به نیروی کار منتقل می شود؟ به نظر می رسد که این کارخانه فرهنگ واکنشی دارد. تعمیر چیزها به رسمیت شناخته شده، تشویق می شود. اکنون بیایید به کارخانه دیگری نگاه کنیم که همان خرابی در آن اتفاق افتاده است، ولی ترتیب رویدادها کمی با کارخانه پیشین متفاوت است:

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- سرپرست/مسئول زمان بندی نگهداشت از محل بازدید کرده، شکست را ارزیابی کرد و متوجه شد که اتصال (کوپلینگ) شیر سفت و خشک بود، همچنین موتور الکتریکی سیستم هیدرولیک دچار شکست شده بود.
- سرپرست/مسئول زمان بندی نگهداشت یک تکنیسین مکانیک و یک تکنیسین برق را مشخص کرد تا گزارش تاریخچه و لیست قطعات شش ماه گذشته موتور را استخراج کنند. او مشکل را به مهندس کارخانه هم اطلاع داد.
- تکنیسین برق متوجه شد که موتور دچار شکست شده بود (سوخته بود). رله های بار اضافه^{۲۱} درست عمل نکرده بودند. مکانیک متوجه شد که اتصال شیر در اثر روانکاری ناکافی سفت بود.
- تاریخچه تعمیر (پیوست شده به دستور کار) چنین مشکلی را چند ماه پیش نشان داد: مشکل در بسته شدن شیر. تکنیسین مکانیک اتصال شیر را تنظیم کرده، آن را گریسکاری کرده بود. فشار هیدرولیک سیستم از ۱۵۰۰ psi به ۱۸۰۰ psi افزایش داده شده بود تا به عملکرد نرم تر عملگر و اتصال کمک کند.
- طرح تعمیر شامل جایگزینی موتور و رله های بار اضافه، باگرداندن فشار هیدرولیک به فشار طراحی سیستم و گریسکاری/تنظیم اتصال شیر آماده شد. یک موتور یدکی در دسترس بود.
- کار طبق برنامه انجام شد. اپراتور در تست سیستم پس از تعمیر همکاری کرد. شیر به حالت عملیاتی برگشت.
- دستور کار بسته شد و جزئیات تعمیر مستند شد.
- واحد عملیات از این تعمیر دو ساعته راضی بود. مدیر نگهداشت، شخصا، از کارکنان نگهداشت به دلیل عملکرد عالی و همچنین یافتن علت ریشه ای خرابی تشکر کرد. سپس از آنها خواست تا در ۱۰ روز آینده طرحی را برای اقدامات لازم جهت بهبود قابلیت اطمینان آماده کنند.

بیاید آنچه را که در این کارخانه اتفاق افتاد بررسی کنیم. به نظر می رسد که این کارخانه نسبتا عالی کار می کند. چیزهای زیادی طی این تعمیر و اقدامات بعدی که توسط مدیر نگهداشت پیگیری شد، عالی پیش رفت. ولی آیا همه چیز به آن خوبی بود که می توانست باشد؟ آیا سیستم CMMS/EAM اطلاعات لازم را برای اتخاذ تصمیم های درست فراهم می کند؟ چه پیامی به نیروی کار منتقل می شود؟ این کارخانه چه فرهنگی دارد؟

در این کارخانه، سیستم CMMS/EAM اطلاعات لازم را برای اتخاذ تصمیم های درست فراهم کرده است. تأکید مدیر نگهداشت روی پیشگیری از شکست است. این یک فرهنگ پیش کنشی و گامی در جهت درست است.

اکنون اجازه دهید به یک کارخانه دیگر نگاهی بیندازیم که همان موقعیت پیشین در آن اتفاق می افتد، ولی رویدادها اندکی متفاوت هستند. در این مورد، واحد عملیات متوجه شد که در شیر شماره P-139:

- موتور: اطلاعات جریان روی تابلوی اپراتوری نشان می دهد که جریان موتور از حالت طبیعی بالاتر است. بازرسی چشمی و بازدید از محل نشان داد که عملگر شیر کند کار می کند. اپراتور به نگهداشت اطلاع داد.
- نگهداشت شرایط راه، با همکاری اپراتور، ارزیابی کرد و برای تعمیر شیر در زمان توقف زمان بندی شده برنامه ریزی نمود.
- تعمیر انجام شد و هیچ توقف برنامه ریزی نشده ای هم بوجود نیامد. عملیات تعمیر در سیستم CMMS/EAM و در سوابق دارایی مستند شد.
- فعالیت های PM بازبینی و تحلیل علت ریشه ای انجام شد. براساس این تحلیل، فعالیت های PM بروز رسانی شد. براساس نتایج تحلیل علت ریشه ای، یک دستور کار طراحی مجدد اتصال شیر برای واحد طراحی/مهندسی صادر شد.
- بهره بردار از دقت فراوان در مراقبت از دارایی/سیستم سپاسگزاری کرد.

در این کارخانه چه اتفاقی افتاد؟ این سازمان چه نوع فرهنگی دارد؟ در این کارخانه، "شکست" پیش از اتفاق افتادن، تشخیص داده و رسیدگی شد. علاوه بر این،

- عملیات و نگهداشت به عنوان یک تیم با هم کار کردند
- سیستم اطلاعات "اخطار" را فراهم کرد
- فرآیند به صورتی طراحی شده بود که این اطلاعات را فراهم کند

در این سازمان، رهبران قابلیت اطمینان/نگهداشت کارشان را انجام داده اند. آنها ابزار مناسب را فراهم کرده، بهره بردار و نگهداشت را آموزش داده و فرهنگ صحیح را خلق کردند: فرهنگ قابلیت اطمینان.

۷.۲ – سنجه های^{۲۲} عملکرد

رهبری یکی از برجسته ترین جنبه های ساختار یک سازمان است. ولی اندازه گیری عددی اثربخشی رهبری کار دشواری است. رهبری یک سرعت دهنده مهم برای ایجاد تغییر و افزودن ارزش در سازمان است. برای اندازه گیری تأثیر (اثربخشی) رهبری، باید بدانیم که رهبری تا چه حد روی عملکرد تأثیر دارد. رهبری اصولاً ظرفیت یک نفر برای این است که بتواند عامل ایجاد تغییر شود؛ در عوض، به ما امکان می دهد تا از آن برای بالاتر بردن عملکرد سازمان استفاده کنیم.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

یک مدل مقبول برای اندازه گیری رهبری توسط جیمز کوزس و بری پوسنر، نویسندگان کتاب "چالش رهبری: چگونه باعث شویم کارهای خارق العاده در سازمان انجام شوند"^{۲۳} ارائه شده است. کوزس و پوسنر معیار **فهرست روش های رهبری (LPI)**^{۲۴} را ابداع کرده اند. مدل اندازه گیری LPI از مجموعه ای از پرسش ها برای ارزیابی اثربخشی رهبری استفاده می کند. افراد زیرمجموعه رهبران، دیده بان هایی هستند که رهبران را براساس مجموعه ای از کیفیت ها، مانند مجموعه زیر، ارزیابی می کنند:

- در مورد گرایش های آینده صحبت می کند و اینکه آنها (رهبران) چگونه می توانند در کارشان تغییر ایجاد کنند
- نسبت به تکمیل کارها بازخورد مثبتی دارد
- به قول هایش عمل می کند
- با دیگران با احترام برخورد می کند
- نظرات و بازخوردهای دیگران را در مورد خودشان جویا می شوند

کیفیت رهبری رهبران باید بر مبنای رفتارهایی مانند اینها هم ارزیابی شود:

- مثال شخصی خوبی باشد
- بطور فعالانه به نظرات دیگران گوش دهد
- از تصمیم های دیگران پشتیبانی کند
- علاقمند به ریسک کردن و انجام تجربه های متفاوت باشد

سنجه های عملکرد رهبری را می توان در چهار گروه دسته بندی نمود: شاخص های ارتباط با دیگران، شاخص های همکاری، شاخص های سازمانی و شاخص های موفقیت حرفه ای. شاخص های ارتباط با دیگران، معیارهایی را توصیف می کنند که رهبران-مدیران برای افزایش تعهد کارکنان استفاده می کنند. این شاخص ها شامل عواملی مانند هزینه کاهش یافته، ایمنی بهبود یافته، برنامه ریزی برای جانشینی^{۲۵} و اثربخشی کارکنان هستند.

شاخص های همکاری، KPI^{۲۶} هایی مانند همکاری با ذی نفعان و سهامداران، به اشتراک گذاری اطلاعات، زمان حل مسأله و تمرین های ایجاد اجماع^{۲۷} هستند. این شاخص ها به خلاقیت هایی اشاره دارند که رهبر استفاده می کند تا همکاری و گردش اطلاعات در سازمان را بهبود دهد.

^{۲۳} این کتاب در ایران با نام "چالش رهبری" توسط "کوروش اکبری" ترجمه و توسط انتشارات پندار تابان منتشر شده است.

24 Leadership Practices Inventory

25 Succession Planning

26 Key Process Indicator

27 Consensus Building Exercises

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

شاخص های سازمانی به عواملی مانند دستیابی به اهداف، فرآیندهای کلیدی، مدیریت تغییر و سنجش و ارزیابی توجه می کنند. این عوامل کمک می کنند تا جهت گیری آینده سازمان تعریف شود. شاخص های موفقیت حرفه ای شامل سطح صلاحیت، سطح تجربه، پروژه های موفق و ارتباطات صنعتی یک رهبر-مدیر هستند. آنها قدرت، تأثیر و دانش رهبر را مشخص می کنند.

تیسسی بیهام و آدری اسمیت از مؤسسه توسعه ابعادی (DDI)^{۲۸} در مقاله پژوهشی شان با نام "بهینه سازی کانال رهبری شما برای: رهبران استراتژیک"، چهار ویژگی بارز یک رهبر را مشخص کرده اند. آنها بیان می کنند که رهبران/مدیران اجرایی متعهد، ترکیب متمایزی از مهارت ها/شایستگی ها، دانش، تجربه و ویژگی های شخصیتی را نمایش می دهند.

شایستگی ها

مهارت ها/شایستگی های مهم مدیران اجرایی شامل موارد زیر است:

- شناخت و درک محیط کسب و کار رقابتی جهانی، همچنین آگاهی از گرایش های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی که روی استراتژی جهانی سازمان تأثیر دارند.
- استقرار و تعهد به جهت گیری درازمدت کسب و کار، بر مبنای تحلیلی از داده های سیستمی و توجه به منابع، محرک های بازار و ارزش های سازمانی.
- رهبری تغییر، از شناسایی فرصت های بهبود و پشتیبانی از یک رویکرد بهتر برای موضوعات مرتبط با فرآیندهای کاری گرفته تا حمایت و دفاع از تحول سازمانی.
- کارآفرینی، که از طریق بکارگیری فعالانه دانش برای استفاده بموقع از فرصت های جدید در کسب و کار، نشان داده می شود.
- برقراری ارتباط شفاف برای ارائه یک دیدگاه متقاعد کننده از وضعیت آینده، به شیوه ای که به دیگران کمک کند تا متوجه شوند که چگونه خروجی کسب و کار با به واقعیت پیوستن چشم انداز و ارزش ها متفاوت خواهد بود.

دانش

رهبران ارشد، بسته به نقشی که در سازمان دارند، باید در زمینه های زیر آگاهی داشته باشند:

- پیش زمینه ای در مورد چگونگی ایجاد یک طرح استراتژیک درازمدت.
- درک کاملی از نیازهای مشتریان، بازارها و رقبای اصلی.
- دانش عملی از کارکردهای مدیریت استعداد، شامل پاداش دهی، آموزش و توسعه کارکنان، مدیریت و اندازه گیری عملکرد، استخدام، انتخاب، ترفیع، مدیریت جانشینی، قرارداد با اتحادیه ها و چانه زنی.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- دانش طراحی و مدیریت محصول، تحقیق و توسعه، توزیع و مدیریت زنجیره تأمین.
- درک هوشمندانه از چگونگی خلق بهترین ارتباطات با هیأت مدیره، تحلیل گران [بازار] و سرمایه گذاران.

تجربه

- رهبران باید پیش از بر عهده گرفتن نقش های رهبری، تجربیاتی در زمینه های زیر داشته باشند:
- ایجاد فرهنگ شرکتی.
 - مدیریت گستره وسیعی از حوزه های کارکردی.
 - مسئولیت پذیری در برابر سود و زیان کسب و کار.
 - تجربیات رهبر در کلاس جهانی.
 - مدیریت یک عملیات وسیع.
 - داشتن نقش کلیدی در یک سرمایه گذاری مشترک^{۲۹} یا فرآیند ادغام چندین شرکت.

ویژگی های شخصیتی

- برخی از ویژگی های کلیدی رهبران موفق عبارتند از:
- جاه طلبی، خلاقیت، رقابت پذیری و توانایی رهبری.
 - کنجکاوی، خیال پردازی، جمع گرایی و تعاملات اجتماعی.

۸.۲ – خلاصه

موفقیت یک شرکت به چشم انداز مشخص شده توسط رهبران و مدیران سازمان بستگی دارد. برای اینکه چشم انداز اثر مثبتی روی کارکنان یک سازمان داشته باشد، باید به شکل مهیج و پایداری به آنها منتقل شود. اثربخش ترین چشم اندازها آنهایی هستند که الهام بخش بوده، معمولاً از کارکنان بهترین، بیشترین و عالی ترین آنها را طلب می کنند. چشم انداز توضیح می دهد که سازمان می خواهد کجا باشد و عامل مهمی برای آفرینش فرهنگ قابلیت اطمینان است.

فرهنگ به ارزش ها، باورها و رفتارهای یک سازمان اشاره دارد. این فرهنگ عموماً به باورها و ارزش های افراد، بر مبنای تفسیر آنها از تجربیات و رفتارهای شخصی و گروهی آنها، بستگی دارد. بیانیه های فرهنگی زمانی عملیاتی می شوند که رهبران ارزش های سازمان را، که الگوی رفتاری کارکنان را تعیین می کند، مشخص و منتشر کنند. در سازمان های با فرهنگ های قابلیت اطمینان مستحکم، کارکنان تمرکز دائمی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

بر آنچه که باید انجام دهند و چگونگی انجام آن دارند و بدین دلیل این سازمان ها به نتایج بالاتری دست پیدا می کنند.

هنگامی که چیزی را تجسم می کنیم، می توانیم آن را به واقعیت تبدیل کنیم؛ پس می توانیم چشم اندازمان را به اهداف و سپس به واقعیت تبدیل کنیم. رهبری، از طریق مشخص کردن جهت گیری و تأمین منابع، نقش توانمندسازی را در این فرآیند دارد.

آفرینش یک فرهنگ قابلیت اطمینان پایدار یک سفر طولانی مدت است که به روش های مدیریت تغییر درست نیاز دارد. در این سفر، بسیاری از سازمان ها شکست خورده، دست داده، پشتیبانی از تغییر [فرهنگ] قابلیت اطمینان یا پیاده سازی راهکارهای برتر در سازمان را متوقف می کنند؛ آنها از درک این واقعیت ناتوان هستند که آفرینش یک فرهنگ قابلیت اطمینان پایدار سال ها طول می کشد.

برای پایدار ماندن یک فرهنگ قابلیت اطمینان، رهبران قابلیت اطمینان/نگهداشت سازمان باید بطور پیوسته به تأمین ابزار مناسب، آموزش و تربیت نیروی انسانی، هم برای اپراتورها و هم برای کارکنان نگهداشت، ادامه دهند. آنها باید مطمئن شوند که نیروی کار همیشه در جریان آخرین اطلاعات در زمینه های زیر قرار دارد:

- دانش – از راهکارهای برتر
- کار گروهی – برای اطمینان از ارتباط [مؤثر] و درک [متقابل]
- تمرکز – روی اهداف صحیح برای موفقیت کسب و کار
- برنامه ریزی – به منظور تهیه نقشه راه، برای آگاهی از موقعیت فعلی و جایی که می خواهند برسند
- فرآیندها – مستندسازی و انضباط
- اندازه گیری ها – برای تأمین بازخورد و کنترل جهت حصول اطمینان از اینکه رهبران بطور مداوم از محیط بهبود مستمر پشتیبانی کرده، در حال خلق یک فرهنگ سودمند و پایدار هستند

۹.۲- پرسش های خودآزمایی

پ ۱.۲. ویژگی های کلیدی یک رهبر چیست؟

پ ۲.۲. دلیل اهمیت چشم اندازه چیست؟

پ ۳.۲. MBWA را تعریف کنید. چرا یکی از روش های کلیدی رهبری به شمار می رود؟

پ ۴.۲. فرهنگ سازمانی را تعریف کنید.

پ ۵.۲. مزایای اصلی داشتن بیانیه مأموریت چیست؟

پ ۶.۲. چرا بیانیه های مأموریت و چشم انداز برای یک سازمان مهم هستند؟

پ ۷.۲. فرهنگ قابلیت اطمینان را تعریف کنید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- پ ۸.۲. چرا مدیریت تغییر، بخش مهمی از آفرینش فرهنگ قابلیت اطمینان صحیح است؟
پ ۹.۲. نقش نماینده تغییر را تعریف کنید. چه کسی مناسب ترین فرد برای این نقش است؟
پ ۱۰.۲. تفاوت های بین یک مدیر و یک رهبر را بیان کنید.

۱۰.۲. منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Bennis, Warren and Burt Nanus, “*Leaders*”, Harper Collins Publishers, 1985.
2. Burns, James McGregor, “*Leadership*”, Harper Perennial Modern Classics, 1982.
3. Covey, Stephen R., “*7 Habits of Highly Effective People*”, Simon & Schuster, Fireside Edition, 1990.
4. Covey, Stephen R., “*First Things First*”, Simon & Schuster, 1994.
5. Harari, Oren, “*Leadership Secrets of Colin Powell*”, McGraw-Hill, July 2003.
6. Kouzes, James M. and Barry Z. Posner, “*The Leadership Challenge*”, 4th Edition, Jossey-Bass, August, 2008.
7. Peters, Tom and Nancy Austin, “*A Passion for Excellence*”, Grand Central Publishing, 1989.
8. Peters, Tom and Robert Waterman, “*In Search of Excellence: Lessons from America’s Best Run Companies*”, Warner Books, 1982.
9. Phillips, Donald, “*Lincoln on Leadership: Executive Strategies for Tough Times*”, Warner Business Books, 1992.
10. Schwartz, David, PhD, “*The Magic of Thinking BIG*”, Simon & Schuster, Fireside Edition, 2007.
11. Thomas, Stephen, “*Improving Maintenance & Reliability through Cultural Change*”, Industrial Press, 2005.

فصل ۳

شناخت نگهداشت

"سامانه شما بی عیب طراحی می شود تا شما را به نتایج مورد نظرتان برساند."
ادوارد دمینگ

- ۱.۳. مقدمه
- ۲.۳. واژگان و تعاریف کلیدی
- ۳.۳. رویکردهای نگهداشت
- ۴.۳. روش های نگهداشت دیگران
- ۵.۳. سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه
- ۶.۳. کیفیت نگهداشت
- ۷.۳. ارزیابی و بهبود نگهداشت
- ۸.۳. خلاصه
- ۹.۳. پرسش های خودآزمایی
- ۱۰.۳. منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل قادر به درک این موضوعات خواهید بود:

- چرا نگهداشت انجام می دهیم؟
- هدف نگهداشت
- مزایای نگهداشت
- انواع رویکردهای نگهداشت
- هدف CMMS/EAM
- چالش های کیفیت نگهداشت
- اهمیت ارزیابی دوره ای برنامه نگهداشت

۱.۳. مقدمه

نگهداشت چیست و چرا مهم است؟

توجه نگهداشت، حفظ دارایی در شرایط کاری خوب است، به گونه ای که [در صورت لزوم] بتواند با حداکثر ظرفیت و توان کار کند. کارکرد نگهداشت شامل هر دو قسمت نگهداری و تعمیر است. فرهنگ واژگان انگلیسی، نگهداشت^۱ را به این صورت تعریف می کند: "عمل حفظ چیزی در شرایط مناسب". تعریف کاملتر آن عبارتست از:

حفظ شرایط "طراحی" یا شرایط قابل قبول؛

حفاظت در برابر از دست دادن بخشی یا همه توانایی های کارکردی؛

محافظت کردن، نگهداشتن.

این تعریف نشان می دهد که واژه نگهداشت شامل فعالیت هایی است که برای پیشگیری از شکست ها انجام می شوند و فعالیت هایی که برای بازیابی شرایط اصلی دارایی انجام می شوند.

در هر حال، تعریف جدید نگهداشت به تضمین ظرفیت مربوط است. با نگهداشت مناسب، ظرفیت یک دارایی را می توان در سطح ظرفیت طراحی حفظ کرد. به عنوان مثال، ظرفیت یک تجهیز تولیدی را تنها در صورتی می توان در حد ظرفیت طراحی (x واحد در ساعت) حفظ نمود که تجهیز بدون زمان از کار افتادگی قابل ملاحظه ای برای تعمیر کار کند.

سطح ظرفیت قابل قبول، سطح ظرفیت هدف گذاری شده ای است که توسط مدیریت تعیین می شود. این سطح نمی تواند بیشتر از ظرفیت طراحی تجهیز باشد. یک تجهیز تولیدی را در نظر بگیرید که برای تولید ۵۰۰ واحد در ساعت با هزینه نگهداشت ۱۵۰ دلار در ساعت طراحی شده است. اگر این تجهیز، با این سطح نگهداشت، در ۱۰٪ زمان تولیدی متوقف باشد، تولید به ۴۵۰ واحد در ساعت کاهش می یابد. اگر واحد نگهداشت با واحد تولید، به صورت یک تیم، همکاری کنند، می توانند راهی پیدا کنند تا زمان از کار افتادگی را، با اندکی افزایش در هزینه نگهداشت در ساعت، از ۱۰٪ به ۵٪ کاهش دهند. کاهش زمان از کار افتادگی باعث می شود که خروجی به مقدار ۲۵ واحد دیگر در ساعت افزایش یابد. در این حالت، مدیریت می تواند در مورد مناسب بودن این مقدار افزایش در هزینه های نگهداشت ارزیابی صحیحی داشته باشد. در نتیجه، می توان با کاهش زمان از کار افتادگی، ظرفیت واقعی تولید را به ظرفیت طراحی نزدیک تر کرد.

متأسفانه، ادبیات مرتبط با روش های نگهداشت در چند دهه گذشته نشان می دهد که بیشتر شرکت ها منابع لازم برای حفظ دارایی ها در شرایط کاری مناسب را تأمین نمی کردند. شکست دارایی ها پذیرفته شده بود؛ در عوض، همه منابع لازم برای تعمیر یا تعویض دارایی یا قطعات خراب فراهم شده بود. در واقع، به کارکرد نگهداشت به عنوان یک مزاحم ضروری نگریسته شده، توجه کافی به آن نمی شد.

¹ maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ولی در چند سال گذشته، این روش ها به شکل قابل توجهی تغییر کرده اند. شرکت ها شروع کردند این واقعیت را به رسمیت بشناسند که نگهداشت ارزش افزوده ایجاد می کند. مشاهده این اتفاق جالب بود که نگهداشت از یک عملیات بی اهمیت به اتاق هیأت مدیره راه پیدا کرد. به عنوان مثال، مدیر اجرایی شرکت ایستمن کمیکال^۲، در گزارش سالانه سال ۲۰۰۶ به فعالان بازار سرمایه در وال استریت، تعدادی از اسلایدهای ارائه خود را به نگهداشت و قابلیت اطمینان اختصاص داد و در مورد استراتژی شرکت برای افزایش قابلیت دسترسی، از طریق تأمین منابع کافی برای نگهداشت، تأکید نمود.

۲.۳. واژگان و تعاریف کلیدی

پروژه سرمایه ای نگهداشت^۳ (CPM)

تعمیرات عمده، مانند تعمیرات اساسی^۴ یا پروژه های بازگردانی^۵، که در زمان مشخصی انجام می شوند و گاهی، به دلایل مالیاتی، پروژه های سرمایه ای در نظر گرفته می شوند. اگر این پروژه ها برای بازگرداندن دارایی به ظرفیت طراحی، و نه برای افزودن قابلیت های اضافه، انجام شوند، باید در هزینه های نگهداشت منظور شوند.

تحلیل حالت و اثرات شکست^۷ (FMEA)

تکنیکی برای بررسی یک دارایی، فرآیند یا طراحی جهت مشخص کردن راه های بالقوه ای که دچار شکست می شود و اثرات بالقوه (پیامدهای) شکست؛ و در نتیجه مشخص کردن فعالیت های مناسب برای کاهش خطر موارد دارای بالاترین ریسک درجه اولویت.

2 Eastman Chemical

3 Maintenance Capital Project

4 overhauls

5 turnaround projects

۶- تفاوت تعمیرات اساسی با پروژه بازگردانی این است که تعمیرات اساسی روی تجهیز انجام می شود و بخشی از پروژه بازگردانی است. ولی بازگردانی پروژه ای است که در سطح کارخانه انجام می شود و بخش های گوناگونی را (از جمله توقف کارخانه، تعمیرات اساسی تجهیزات و راه اندازی مجدد کارخانه) در بر می گیرد. در پروژه بازگردانی گروهی از افراد به صورت ضربتی فعالیت های مشخص و از پیش برنامه ریزی شده را روی تجهیزات انجام می دهند تا قابلیت اطمینان کارخانه را افزایش دهند (برگرفته از تعریف آقای مهندس شخصی زارع).

7 Failure Mode and Effects Analysis

دارایی

دارایی هر چیزی است که برای سازمان ارزش بالقوه یا واقعی داشته باشد؛ منابع فیزیکی یک سازمان، مانند تجهیزات، دستگاه ها، ناوگان سیار، سیستم ها یا قطعات و اجزای آنها، شامل نرم افزاری که کارکرد خاصی انجام داده، یا خدمتی ارائه می دهد؛ گاهی به نام دارایی های فیزیکی هم شناخته می شوند.

سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه^۸ / مدیریت دارایی های سازمان^۹ (CMMS/EAM)

یک سامانه نرم افزاری که همه فعالیت های نگهداشت، مانند دستور کارهای نگهداشت، زمان بندی PM، لوازم یدکی، طرح های کاری و سوابق دارایی، را ثبت و ردیابی می کند. معمولاً با سامانه های پشتیبانی مانند کنترل موجودی، خرید، حسابداری و ساخت، یکپارچه شده، کنش های نگهداشت و انبارداری را کنترل می کند.

قابلیت اطمینان^{۱۰}

احتمال اینکه یک دارایی یا بخشی از آن کارکردهای مورد انتظارش را در یک دوره زمانی مشخص و تحت شرایط معین انجام دهد.

قطعه

یک تکه یا بخش فرعی از یک دارایی، معمولاً قابل تعویض، که گاهی بسته به اهمیت کاربرد آن شماره گذاری می شود؛ قابل جابجایی با قطعات استاندارد دیگر است. مانند لاستیک یک نوار نقاله، موتور یک پمپ یا یک بیرینگ.

کار انباشته نگهداشت^{۱۱}

فعالیت های نگهداشتی که برای تعمیر یا پیشگیری از شکست های تجهیزات، لازم هستند، ولی هنوز تکمیل نشده اند.

کارکرد تا شکست^{۱۲} (RTF)

8 Computerized Maintenance Management System

9 Enterprise Asset Management

10 Reliability

11 Maintenance Backlog

12 Run-to-Failure

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

یک استراتژی (خط مشی) نگهداشت برای دارایی هایی است که هزینه و تأثیر شکست آنها کمتر از هزینه فعالیت های پیشگیرانه است. این یک تصمیم سنجیده شده است که بر مبنای اثربخشی اقتصادی اتخاذ می شود تا PM انجام نشود و به دارایی اجازه شکست داده شود.

نگهداشت اپراتوری^{۱۳} (OBM)

OBM اپراتورها را درگیر می کند تا بعضی از فعالیت های پایه ای نگهداشت را انجام دهند. نگهداشت اپراتوری یک روش مقرون بصرفه برای انجام فعالیت های روزانه کوچک و نگهداشت تکراری توسط اپراتورها است تا دارایی بتواند کارکرد مطلوب را با حداکثر بازدهی داشته باشد.

نگهداشت اصلاحی^{۱۴} (CM)

فعالیت های تعمیری که در نتیجه مشاهده یا اندازه گیری شرایط یک دارایی، پیش یا پس از شکست کارکردی، انجام می شوند.

نگهداشت مبتنی بر وضعیت^{۱۵} (CBM)

نگهداشت مبتنی بر وضعیت (سلامت) واقعی یک دارایی، که براساس اندازه گیری ها و آزمون های غیر تهاجمی (غیر مخرب) مشخص می شود. با استفاده از CBM فعالیت های پیشگیرانه و اصلاحی بهینه سازی شده، از فعالیت های سنتی مبتنی بر تقویم یا کارکرد اجتناب می شود. واژه های نگهداشت بر مبنای وضعیت و نگهداشت پیشبینانه^{۱۶} (PdM) به جای هم استفاده می شوند.

نگهداشت پیش بینانه (PdM)

یک استراتژی نگهداشت بر مبنای شرایط (سلامت) واقعی یک دارایی، که براساس اندازه گیری ها و آزمون های غیر تهاجمی (غیر مخرب) مشخص می شود. با استفاده از PdM فعالیت های پیشگیرانه و اصلاحی بهینه سازی شده، از فعالیت های سنتی مبتنی بر تقویم یا کارکرد اجتناب می شود. وضعیت تجهیز می تواند با استفاده از پایش وضعیت، کنترل فرآیند آماری، عملکرد تجهیز یا با استفاده از حواس انسانی اندازه گیری شود. واژه های نگهداشت پیشبینانه و نگهداشت بر مبنای وضعیت به جای هم استفاده می شوند.

نگهداشت پیش کنشی^{۱۷}

13 Operator Based Maintenance

14 Corrective Maintenance

15 Condition Based Maintenance

16 Predictive Maintenance

17 Proactive Maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

مجموع همه کارهای نگهداشتی که انجام می شود تا از شکست ها اجتناب شود یا عیوبی که ممکن است منجر به شکست شوند، شناسایی گردند (جستجوی شکست^{۱۸}). شامل فعالیت های نگهداشت پیشگیرانه عادی و نگهداشت پیشبینانه است و همچنین فعالیت هایی که نتیجه نگهداشت پیشگیرانه و پیشبینانه هستند.

نگهداشت پیشگیرانه^{۱۹} (PM)

یک استراتژی نگهداشت بر مبنای بازرسی، تعویض قطعه و تعمیر اساسی در بازه زمانی ثابت، بدون توجه به شرایط تجهیز یا قطعه در آن زمان. معمولاً بازرسی های زمان بندی شده برای ارزیابی شرایط یک دارایی انجام می شوند. تعویض اجزای مصرفی، مانند فیلترها، روغن ها و تسمه ها مثال هایی از فعالیت های PM هستند. شاید بازرسی PM منجر به صدور یک دستور کار دیگر شود، برای تعمیر سایر اشکالاتی که حین PM شناسایی شده اند.

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان^{۲۰} (RCM)

یک فرآیند سیستماتیک و منظم، به منظور پایه گذاری طرح نگهداشت مناسب برای یک دارایی/سیستم، جهت کمینه کردن احتمال شکست. این فرآیند ایمنی، کارکرد سیستم و تطابق با مأموریت را تضمین می کند.

نگهداشت واکنشی^{۲۱} (RM)

کار تعمیری نگهداشت که در پاسخ آنی به شکست تجهیز، و بدون برنامه ریزی و زمان بندی، انجام می شود. مترادف با/از کار/افتادگی^{۲۲} یا نگهداشت اضطراری^{۲۳} است.

۳.۳. رویکردهای نگهداشت

سازمان های گوناگون، در مورد برنامه های نگهداشت، رویکردهای متفاوتی دارند (بعضی ها به آن روش های متفاوت می گویند). در ذات همه رویکردها الزام حفظ تأسیسات یا دارایی ها در سطح ظرفیت لازم برای نیازهای عملیاتی فعلی آنها وجود دارد. بعضی از این برنامه های نگهداشت سازمان یافته تر از بقیه هستند. بعضی از برنامه های نگهداشت بر مبنای تحلیل RCM شکل گرفته اند و حتی برخی از سازمان

18 failure finding

19 Preventive Maintenance

20 Reliability Centered Maintenance

21 Reactive Maintenance

22 breakdown

23 emergency maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ها طرح و برنامه نگهداشت سالیانه یا چندساله دارند تا کمک کند که تصمیم های نگهداشت آنها هم از نظر استراتژی و هم از نظر شیوه کار مناسب باشد. حقیقت این است که هر سازمانی یک برنامه نگهداشت دارد، چه به آن باور داشته باشند و چه نداشته باشند؛ برنامه آنها صرفاً بر هزینه تر خواهد بود، اگر فقط در شرایط نگهداشت واکنشی باشند.

همه دارایی ها به شکلی از مراقبت – مانند نگهداشت – نیاز دارند. تسمه ها و زنجیرها به تنظیم و همراستایی شفت ها نیاز دارند. همراستایی شفت های پمپ-موتور یا بلوئر-موتور باید به خوبی نگهداری شود. فیلترها باید در دوره های زمانی معین تعویض شوند. روانکاری مناسب روی ماشین های دوار لازم است. مثال های فراوان دیگری مانند اینها وجود دارد. در بعضی موارد، قطعات خاصی باید پس از تعداد ساعت یا کارکرد مشخصی تعویض شوند. به عنوان نمونه، بیرینگ یک پمپ در یک سیستم هیدرولیک باید به صورت دوره ای تعویض شود تا دستیابی به عمر طراحی سیستم امکان پذیر باشد. هر زمانی که نتوانیم فعالیت های نگهداشت را انجام دهیم، ممکن است باعث شویم که عمر عملیاتی دارایی کاهش یابد. در دهه های گذشته، رویکردهای مقرون بصره بسیاری توسعه یافته اند تا رسیدن دارایی به عمر طراحی یا حتی فراتر رفتن از آن را تضمین کنند. به جای منتظر ماندن برای شکست تجهیز و سپس تعمیر آن، کنش های نگهداشت می توانند دارایی ها را در شرایط کاری خوب حفظ و خدمت رسانی پیوسته آنها را تضمین کنند.

چرا وجود یک برنامه نگهداشت سازمان یافته لازم است؟

مهمترین دلیل برای داشتن برنامه نگهداشتی با یک رویکرد سازمان یافته، حصول اطمینان از این است که دارایی دچار شکست زود هنگام نمی شود و تولید یا خدمت رسانی مداوم آن حفظ می گردد. برنامه های نگهداشت باید ظرفیت تولید را افزایش داده، هزینه های کلی تأسیسات را به شیوه های زیر کاهش دهند:

- کاهش زمان توقف تولید – در نتیجه تعداد شکست های کمتر.
- افزایش عمر متوسط دارایی ها و در نتیجه آن حذف تعویض زود هنگام ماشین آلات و دارایی ها.
- کاهش هزینه های اضافه کاری و استفاده اقتصادی تر از کارکنان نگهداشت، در اثر کار بر مبنای زمان بندی، به جای کار زمان بندی نشده برای تعمیر شکست ها [ی پیش بینی نشده].
- کاهش هزینه تعمیرها با کاهش شکست های ثانویه. هنگامی که قطعات در حال کار دچار شکست می شوند، معمولاً به قطعات دیگر هم آسیب می زنند.
- کاهش مرجوعی محصول، دوباره کاری و دور ریز، به دلیل شرایط کلی بهتر دارایی ها.
- شناسایی دارایی هایی که هزینه های نگهداشت بیش از اندازه دارند، مشخص کردن نیاز به نگهداشت اصلاحی، آموزش اپراتورها یا تعویض دارایی های کهنه.
- بهبود ایمنی و شرایط کیفی.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

یک برنامه نگهداشت سازمان یافته می تواند فلسفه ها، رویکردها و روش های مختلفی داشته باشد. فلسفه اصولی در واقع فقط دو جنبه دارد: شکلی از نگهداشت را روی یک دارایی انجام دهید تا از شکست پیشگیری شود یا اجازه دهید دارایی به شکل کارکرد تا شکست کار کند. رویکردهای اصلی نگهداشت را می توان در چهار دسته اصلی گروه بندی کرد: نگهداشت بر مبنای وضعیت (که به نام نگهداشت پیشبینانه هم شناخته می شود)، نگهداشت پیشگیرانه، نگهداشت پیش کنشی و نگهداشت اصلاحی. در ادامه این فصل، توصیف خلاصه ای از این رویکردها ارائه شده، جزئیات بیشتر در مورد آنها در فصل های ۴ تا ۸ بحث خواهد شد.

نگهداشت مبتنی بر وضعیت (CBM)

نگهداشت مبتنی بر وضعیت، که به نام نگهداشت پیش بینانه (PdM) هم شناخته می شود، تلاش می کند تا وضعیت یک دارایی را، با پایش دوره ای یا پیوسته، ارزیابی کند. هدف نهایی CBM مشخص کردن کنش های نگهداشت پیش کنشی است که باید در یک زمان مشخص انجام شوند تا فعالیت نگهداشت در مقرون بصرفه ترین حالت باشد، پیش از آنکه دارایی در حین کار دچار شکست شود. بخش "پیش بینانه" از این هدف نشأت می گیرد که روند آتی وضعیت دارایی پیش بینی شود. این رویکرد از اصول کنترل فرآیند آماری، تحلیل روند^{۲۴} و حدود از پیش تعیین شده استفاده می کند تا مشخص نماید که انجام فعالیت های نگهداشت در کدام نقطه در آینده زمان بندی شود.

بازرسی های CBM عموماً در زمان عملیاتی بودن دارایی انجام می شوند، در نتیجه کمترین اختلال را در عملیات عادی سیستم ایجاد می کنند. اتخاذ رویکرد CBM/PdM در نگهداشت یک دارایی می تواند منجر به صرفه جویی های اساسی در هزینه ها و دستیابی به قابلیت اطمینان بالاتر در سیستم گردد. فناوری های CBM/PdM گوناگونی وجود دارند که می توانند برای ارزیابی وضعیت دارایی ها استفاده شوند. تعدادی از متداول ترین این فناوری ها (اطلاعات) عبارتند از:

- تحلیل ارتعاشات
- گرمانگاری مادون قرمز^{۲۵} (IR)
- صوت سنجی / آلتراسونیک – اندازه گیری های سطح صدا
- تحلیل روغن
- الکتریکی – آمپر به همراه سایر اطلاعات
- روش شوک پالس^{۲۶} (SPM)

24 trend analysis

25 Infrared Thermography

26 Shock Pulse Method

- تخلیه جزئی^{۲۷} یا تشخیص کرونا^{۲۸}
- اطلاعات عملکرد عملیاتی – فشار، دما، دبی جریان و غیره.

اصولا در رویکرد CBM، نیاز به نگهداشت، به جای زمان بندی از پیش تعیین شده، بر مبنای وضعیت واقعی دستگاه تعیین می شود. فعالیت هایی مانند تعویض روغن، بر مبنای یک زمان بندی از پیش مشخص شده (زمان)، مانند زمان تقویمی یا کارکرد دارایی، انجام می شوند. به عنوان نمونه، بیشتر ما روغن خودروهای مان را هر ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ کیلومتر تعویض می کنیم. در این حالت اصولا تعویض روغن بر مبنای کارکرد دارایی است و هیچ توجهی به وضعیت واقعی و توانایی عملکرد روغن نمی شود. روغن تعویض می شود، صرفا چون زمان تعویض آن رسیده است. این شیوه مشابه یک فعالیت نگهداشت پیشگیرانه است.

از سوی دیگر، اگر از ساعت کارکرد وسیله نقلیه صرفنظر کرده، روغن را در دوره های زمانی منظم آزمایش کنیم تا وضعیت واقعی و ویژگی های روانکاری آن مشخص شود، شاید بتوانیم فاصله زمانی تعویض روغن را تا ۱۶۰۰۰ کیلومتر یا حتی بیشتر هم افزایش دهیم.

این از مزایای بکارگیری نگهداشت بر مبنای وضعیت است. CBM برای تعیین فعالیت های نگهداشت لازم، بر مبنای وضعیت کمی (عددی) دارایی یا داده های عملکردی استفاده می شود. مزایای CBM فراوان است. برنامه CBM ای که به خوبی پایه گذاری شده باشد، باعث حذف یا کاهش شکست های دارایی ها، به شکل مقرون بصره ای، خواهد شد. همچنین کمک خواهد کرد تا فعالیت های نگهداشت به شکلی زمان بندی شوند که هزینه اضافه کاری کمینه گردد. علاوه بر این، قادر خواهیم بود که موجودی و سفارش قطعات را هم به حداقل برسانیم.

مطالعات پیشین نشان داده است که برنامه CBM ای که به خوبی مستقر شده باشد، می تواند صرفه جویی متوسط ۱۰٪ (۷ تا ۱۵٪) را، در مقایسه با برنامه ای که فقط از نگهداشت پیشگیرانه استفاده می کند، ایجاد نماید. اگر پیش از این برنامه PM مناسبی وجود نداشته باشد، این صرفه جویی می تواند از ۳۰ تا ۴۰٪ هم تجاوز کند. در واقع، پیمایش های مستقل و مقالات فنی ارائه شده در کنفرانس های بین المللی نگهداشت در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ به همراه تجربه شخصی نویسندگان این کتاب نشان می دهد که با استقرار یک برنامه نگهداشت بر مبنای وضعیت خوب، می توان صرفه جویی های زیر را، به طور متوسط، ایجاد نمود:

- کاهش هزینه های نگهداشت: ۱۵ تا ۳۰٪
- کاهش زمان از کار افتادگی: ۲۰ تا ۴۰٪
- افزایش تولید: ۱۵ تا ۲۵٪

27 Partial discharge

28 Corona detection

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

از جنبه منفی، راه اندازی یک برنامه CBM کامل با استفاده از همه فناوری هایی که پیشتر به آنها اشاره شد، تقریباً پرهزینه خواهد بود. تجهیزات آزمون بعضی از این فناوری ها حتی بیشتر از ۴۰۰۰۰ دلار قیمت دارند. علاوه بر این، آموزش کارکنان کارخانه برای بکارگیری مؤثر فناوری های Pdm نیازمند سرمایه گذاری قابل توجهی است. این یکی از دلایل استفاده از RCM برای مشخص کردن این موضوع است که برای کدام تجهیزات چه فناوری CBM ای استفاده شود؛ استفاده از RCM کمک می کند که بتوان دستگاه آزمونی را خریداری نمود که بهترین کارایی را داشته باشد. توسعه برنامه CBM نیازمند درک درست از نگهداشت پیشبینانه و تعهد محکم همه واحدها و مدیریت سازمان برای بکارگیری این برنامه است.

موضوع دیگر، چگونگی سازمان دهی تیم CBM است. ما دریافته ایم که یک تیم مرکزی اختصاصی، راه خوبی برای آغاز این برنامه است. این رویکرد به استانداردسازی روش های آزمون کمک می کند. رویکرد CBM شامل زمان بندی فعالیت های نگهداشت فقط در زمانی است که در تجهیز یا شرایط عملیاتی خللی ایجاد نمی شود. این کار با پایش دوره ای یا پیوسته ماشین آلات برای تشخیص ارتعاش بیش از حد، دمای بیش از حد، صدا و غیره انجام می شود. هنگامی که وضعیت به سطحی می رسد که از قبل به عنوان حد غیر قابل قبول مشخص شده است، دارایی متوقف می شود. سپس دارایی تعمیر یا قطعات معیوب آن تعویض می شود تا از وقوع شکست های پرهزینه تر پیشگیری شود. این رویکرد خیلی عالی کار می کند، اگر کارکنان دانش، مهارت ها و زمان کافی برای انجام کارهای CBM را داشته باشند. بعلاوه، شرکت باید اجازه دهد که تعمیرات دارایی ها به صورت منظم زمان بندی شود. این رویکرد زمان کافی برای خرید لوازم لازم جهت تعمیرات را فراهم کرده، نیاز به موجودی زیاد در انبار قطعات را کاهش می دهد. از آنجا که کار نگهداشت فقط زمانی انجام می شود که لازم باشد، احتمالاً ظرفیت تولید هم افزایش خواهد داشت.

نگهداشت پیشگیرانه (PM)

همانگونه که پیشتر ذکر شد، رویکرد CBM روش برگزیده است، اگر سازمان شما بتواند از عهده هزینه پیاده سازی این روش برآید. ولی رویکرد PM در مرحله بعدی ترجیح قرار دارد و شاید حتی برای انواع خاصی از دارایی ها تنها رویکرد ممکن باشد. علاوه بر این، ممکن است الزامات قانونی سازمان را وادار کند تا سطح مشخصی از PM را انجام دهد (مانند بازرسی جرثقیل ها).

نگهداشت پیشگیرانه نیازمند این است که کارکنان نگهداشت یا تولید/عملیات بازدیدهای دوره ای از تجهیزات داشته، وضعیت آنها را پایش کنند. هدف اصلی بازدیدهای PM نگاه انداختن به دارایی است تا مشخص شود که آیا نشانه های شکست یا شکست قریب الوقوع در آن مشاهده می شود یا نه. همچنین ممکن است، بسته به نوع دارایی، یک چک لیست یا روش اجرایی، شامل جزئیات آنچه که باید کنترل شود یا فعالیت هایی که باید انجام شوند، استفاده شود، مانند تعویض فیلتر، تنظیم تسمه های محرک و

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

اندازه گیری فاصله مجاز^{۲۹} بیرینگ. بازدید کنندگان، وضعیت های غیر عادی و سایر یافته های شان را هم مستند می کنند. برای آنکه یک برنامه PM ارزش افزوده ایجاد کند، این وضعیت های غیر عادی باید پیش از اینکه تبدیل به شکست شوند، تصحیح گردند.

بازرسی های PM می توانند براساس زمان تقویمی یا کارکرد دارایی انجام شوند. اگر CBM روی بخش خاصی از تجهیز انجام نمی شود، یا CBM نمی تواند یک شکست خاص را تشخیص دهد، بهترین رویکرد بعدی یک برنامه PM بر مبنای کارکرد تجهیز است، ولی فقط برای تجهیزات و حالت های شکستی که پایه زمانی دارند. اگر یک برنامه PM مبتنی بر تقویم، تنها چیزی است که ارزش افزوده ایجاد می کند، این رویکرد هنوز بهتر از استراتژی کارکرد تا شکست است. تنها استثنا زمانی است که یک تحلیل درست نشان دهد که اثربخش ترین استراتژی، کارکرد تا شکست است، چرا که هزینه کلی نگهداشت بیشتر از هزینه نگهداشت اصلاحی است که برای این استراتژی کارکرد تا شکست لازم خواهد بود (با فرض اینکه استراتژی کارکرد تا شکست هیچ تأثیری روی ایمنی نداشته باشد).

اهداف نگهداشت پیشگیرانه را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- حفظ دارایی ها و تأسیسات در شرایط عملیاتی مطلوب، از طریق بازرسی سیستماتیک، تشخیص و تصحیح شکست ها در مراحل اولیه، پیش از آن که به شکست های بزرگ تبدیل شوند.
- نگهداشت، شامل آزمون ها، اندازه گیری ها، تنظیمات و تعویض قطعات، که بصورت اختصاصی به منظور پیشگیری از وقوع شکست انجام می شوند.
- ثبت وضعیت سلامت دارایی برای تحلیل هایی که در نهایت منجر به توسعه فعالیت های اصلاحی می شوند.

نگهداشت پیش کنشی

نگهداشت پیش کنشی یکی از واژه هایی است که برای افراد مختلف معانی متفاوتی داشت. این اصطلاح می تواند بحث برانگیز باشد. بعضی ها رویکردهای CBM و PM را پیش کنشی فرض می کنند – این رویکردها، در مقایسه با رویکرد واکنش صرف به شکست تجهیزات، قطعاً پیش کنشی هستند. در بعضی موارد، فعالیت هایی که بر مبنای یافته های فعالیت های CBM و PM انجام می شوند (شامل کاری که در نتیجه تحلیل علل ریشه ای شکست شناسایی می شود)، پیش کنشی فرض می شوند. در بعضی سازمان ها، نگهداشت پیش کنشی به این صورت محاسبه می شود: نسبت همه کارهای نگهداشت منهای نگهداشت اصلاحی زمان بندی نشده، تقسیم بر همه کارهای نگهداشت. تعریف دیگر نگهداشت پیش کنشی شامل هر چیزی است که در زمان بندی نگهداشت، پیش کنشی باشد – یعنی هر کار نگهداشتی که از پیش شناسایی، برنامه ریزی و زمان بندی شده باشد. این تعاریف آخر، معقولانه تر به نظر می رسند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

بنابراین، نگهداشت پیش کنشی می تواند به صورت همه کارهایی تعریف شود که انجام آنها باعث اجتناب از شکست ها شده، یا عیوبی را شناسایی می کند که می توانند منجر به شکست ها گردند.

نگهداشت اصلاحی (CM)

نگهداشت اصطلاحی هم واژه ای است که به روش های مختلفی استفاده می شود. CM کنشی است که در نتیجه وضعیت مشاهده شده یا اندازه گیری شده یک دارایی، پیش یا پس از شکست کارکردی آن، انجام می شود. کار CM را می توان به بخش های زمان بندی شده، پروژه ها/تعمیرات اساسی و واکنشی تقسیم بندی نمود.

هنگامی که یک دارایی دچار خرابی می شود، توانایی انجام کارکرد مورد انتظارش را ندارد و در عملیات زمان بندی شده اختلال ایجاد می کند. از دست رفتن کارکرد، جزئی یا کلی، می تواند منجر به خرابی قطعات، کاهش سرعت، کاهش خروجی و شرایط ناایمن شود. به عنوان نمونه، فرسایش یا آسیب جزئی روی پروانه یک پمپ، که باعث کاهش خروجی می شود، یک شکست کاهنده کارکرد^{۳۰} است. شکست کارکردی کامل که باعث توقف و خاموش شدن دارایی می گردد، شکست متوقف کننده کارکرد^{۳۱} نامیده می شود. اگر به شکست های متوقف کننده یا کاهنده کارکرد توجه لازم نشود، به سرعت منجر به توقف کامل تجهیز خواهند شد.

بسیاری از نابهنجاری ها، مانند ترک ها، تغییر شکل ها، لقی ها، نشتی ها، خوردگی ها، فرسایش ها، خراش ها، دماهای بیش از حد، صداها و ارتعاشات، نشانه های مشکلات قریب الوقوع هستند. گاهی از این نابهنجاری ها چشم پوشی می شود، چرا که ناچیز هستند یا تصور می شود که منجر به از کار افتادگی های اساسی نخواهند شد. تمایل به چشم پوشی کردن از این نابهنجاری های ناچیز می تواند منجر به شکست های فاجعه باری با پیامدهای جدی شود. غیر معمول نیست اگر کارکنان تولید، در پاسخ به مشاهده "وضعیت دمایی یا ارتعاشی غیر عادی"، پرسند که چه مدت می توانیم عملیات تولید را ادامه دهیم. مشاهده شده است که درصد زیادی از شکست ها در زمان راه اندازی یا خاموش کردن اتفاق می افتند. به هر حال، شکست دارایی می تواند در اثر نگهداشت ضعیف باشد. عللی که به آنها بی توجهی می شود، "ناهنجاری های پنهان"^{۳۲} نامیده می شوند. کلید دستیابی به شکست صفر کشف و اصلاح این نابهنجاری های پنهان است، پیش از آنکه شکست واقعا اتفاق بیفتد.

در بسیاری از سازمان ها، CM نگهداشت تعمیری نامیده می شود؛ CM انجام می شود تا عیوب را تصحیح کرده، پس از توقف کار، دارایی را دوباره به حالت عملیاتی برگرداند.

30 function reduction failure

31 function-disruption failure

32 hidden abnormalities

۴.۳. سایر روش های نگهداشت

علاوه بر رویکردهای نگهداشتی که برای ایجاد یک برنامه نگهداشت سازمان یافته استفاده می شوند، روش های نگهداشت برای تعریف برنامه سازمانی هم کاربرد دارند. یکی از روش های نگهداشت کلیدی که سازمان ها از آن برای اجرای اثربخش برنامه نگهداشت شان استفاده می کنند، نگهداشت وابسته به اپراتور است. این روش مشتمل بر استفاده از اپراتورها در طراحی برای نگهداشت و قابلیت اطمینان است.

نگهداشت مبتنی بر اپراتور (OBM)^{۳۳}

برخلاف آنچه که عموماً تصور می شود، اپراتور در واقع یکی از اعضای مهم تیم نگهداشت است. اپراتورهای آگاه، آموزش دیده و مسؤول تضمین می کنند که دارایی ها در شرایط کاری خوب حفظ شوند. اپراتورها خط مقدم ایستادگی در برابر توقف برنامه ریزی نشده دارایی هستند. فرض OBM این است که اپراتورهایی که در ارتباط روزانه با دارایی ها هستند می توانند از دانش و مهارت های شان برای پیش بینی و پیشگیری از خرابی ها و سایر اتلاف ها استفاده کنند. هدف اصلی برنامه نگهداشت اپراتوری (برنامه نگهداشت خودگردان) مجهز کردن اپراتورها به این مهارت های مرتبط با تجهیز است:

- توانایی تشخیص نابهنجاری ها
- توانایی اصلاح نابهنجاری های کوچک و بازیابی کارکرد، اگر بتوانند
- توانایی تنظیم کردن شرایط بهینه دارایی
- توانایی حفظ شرایط بهینه تجهیز

نگهداشت خودگردان یکی از ستون های اصلی نت بهره ور فراگیر (TPM)^{۳۴} است. TPM یک فلسفه نگهداشت ژاپنی است که در آن اپراتورها بعضی از فعالیت های اولیه نگهداشت را انجام می دهند. اپراتورها مهارت های نگهداشتی مورد نیازشان را از طریق یک برنامه آموزشی می آموزند. آنها یاد می گیرند که فعالیت های زیر را انجام دهند:

- انجام بازرسی های عمومی.
- تمیز نگاه داشتن دارایی ها و قابل دسترس نگاه داشتن همه مناطق.
- شناسایی و حذف منابع مشکلات.
- پشتیبانی و ایجاد استانداردها و رویه های تمیزکاری و روانکاری.

33 Operator-Based Maintenance

34 Total Productive Maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- استانداردسازی از طریق مدیریت بصری محیط کار.
- پیاده سازی مدیریت خودگردان دارایی ها.
- انجام فعالیت های ساده نگهداشت و سرویسکاری، مانند تعویض فیلترها، روانکاری و تعویض روغن.
- همکاری با تیم نگهداشت برای تعمیر تجهیزات خراب.

اپراتورها از چهار ابزار حسی زیر استفاده می کنند تا مشکلات را شناسایی کرده، آنها را برطرف کنند یا به تعمیر مشکلات، پیش از آنکه تبدیل به شکست های اساسی شوند، کمک نمایند:

- الف. نگاه کردن برای یافتن نابهنجاری ها – تمیز، در جای خود و قابل دسترسی.
- ب. گوش دادن برای تشخیص صداهای غیرطبیعی، ارتعاشات و نشتی ها.
- پ. احساس حرارت غیرطبیعی یا سطوح سرد.
- ت. بو کشیدن سوختگی های غیرطبیعی یا بوهای غیرمعمول.

اقدامات زیر می توانند در رسیدن به این هدف کمک کنند:

الف) مشارکت اپراتورها

اپراتورها می توانند هرگونه نابهنجاری و نشانه های آن را در مراحل اولیه تشخیص داده، پیش از آنکه تبدیل به شکست های اساسی شوند، آنها را اصلاح کنند. کارکنان عملیات و نگهداشت باید مطمئن شوند که همه دارایی ها به خوبی محکم و پیچ شده باشند. سازه های پشتیبان – لوله کشی، شیلنگ ها، حفاظ ها و غیره – لق و لرزان نباشند و به خوبی سفت شده باشند.

ب) تمیزکاری

نظافت به بازرسی و شناسایی بموقع شکست های در مراحل اولیه، مانند ترک ها و تسمه های معیوب، کمک می کند. آلودگی و غبار ترک ها و نشتی های ریز را پنهان می کنند. اگر یک دارایی تمیز باشد، می توانیم عملکرد صحیح اجزای آن را ارزیابی کنیم، مانند نشتی، ساییدگی و لقی پیچ ها، که ممکن است نشانه ای از یک شکست قریب الوقوع باشند. دارایی ها و محیط اطراف آنها را تمیز نگاه دارید. یک دارایی تمیز حس خوبی ایجاد کرده، ایمنی و روحیه کاری کارکنان را بهبود می دهد.

پ) روانکاری

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

روانکاری باعث کاهش سرعت فرسایش و گسیختگی می شود. روانکاری مناسب قطعات با نوع روانکار صحیح را کنترل کنید. همچنین مطمئن شوید که روغن در دوره های زمانی مناسب تعویض می شود. بیش از حد روانکاری نکنید؛ مقدار مناسب روانکار را استفاده کنید. می توان برای اطمینان از مقدار مناسب روانکار، از پمپ های [گریسکاری] آلتراسونیک استفاده نمود. از روش های 5S+ یا 6S استفاده کنید تا طرح روانکاری تهیه نمایید که تصاویر آن نشان دهنده همه نقاط روانکاری و نوع روانکار مورد استفاده باشد.

ت) رویه های عملیاتی

همه رویه های عملیاتی باید در محل کار در دسترس باشند. آیا این رویه ها به آسانی قابل فهم هستند؟ آیا اپراتورها می دانند که چگونه دارایی را خاموش کنند یا فرآیند قفل کردن/برچسب زدن^{۳۵} را در شرایط اضطراری برای تجهیز انجام دهند؟ آیا می دانند که کدام پارامترهای عملیاتی – فشار، دما، تنظیمات توقف/خطر و غیره – را پایش کنند؟ مطمئن شوید که اپراتورها و سایر کارکنان پشتیبانی، درک درستی از پاسخ های این پرسش ها داشته باشند. تهیه نسخه چاپی لمینیت شده از دستورالعمل های عملیاتی و قرار دادن آنها در کنار دارایی ها هم روش خوبی است.

ث) رویه های نگهداشت

مطمئن شوید که آخرین ویرایش رویه های نگهداشت/تعمیر، در هنگام نیاز، در دسترس باشند. باید ابزار لازم در دسترس کارکنان نگهداشت باشد تا بتوانند کارشان را به درستی و اثربخش انجام دهند. داشتن رویه های مورد نیاز یک الزام ایزو هم هست. هنگامی که یک دارایی آماده تعمیر است، باید همه امکانات شناسایی شده در طرح کار در محل دارایی آماده باشند تا کارکنان فنی بتوانند کارشان را به اثربخش ترین و کارآترین شکل ممکن انجام دهند. ابزار خاص باید در محل دارایی یا نزدیک آن نگاه داشته شده، با علامت های شناسایی مناسبی مشخص شوند. روش خوب این است که رویه ها، نقشه ها، لیست قطعات، نقشه های کابل کشی، نمودارهای منطقی و غیره لمینیت شده، در کنار هر دارایی قرار داده شوند.

ج) شرایط عملیاتی

همه دارایی ها برای کار در شرایط مشخصی طراحی می شوند. کنترل کنید که این دارایی ها در محیط درستی کار می کنند و از آنها استفاده نامناسب نمی شود، یعنی بار بیش از حد به آنها وارد نشده، یا بصورت نالایم بهره برداری نمی گردند. اگر در محیط عملیاتی طراحی کار نمی کنند (به عنوان نمونه در سرعتی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

خیلی بیشتر از سرعت کاربرد طبیعی شان استفاده می شوند، احتیاط های ایمنی لازم را به عمل آورید و همه کارکنان مرتبط را با ریسک های موجود آشنا کنید.

چ) مهارت های نیروی کار

مطمئن شوید که نیروی کار، اپراتورها، کارکنان نگهداشت و نفرات پشتیبانی به خوبی آموزش دیده، مهارت مناسب مورد نیاز برای بهره برداری و نگهداری اثربخش دارایی را دارند. اگرچه ناآگاهی و نبود مهارت می تواند به آسانی با آموزش مناسب برطرف شود، ولی مدیریت کردن نگرش و طرز فکر افراد نسبت به شکست تا حدودی مشکل است. ایجاد فرهنگ مناسب تلاش و وقت زیادی می طلبد.

ح) مستندسازی تعمیر

مستندسازی تعمیر – آنچه که انجام دادیم، با بعضی جزئیات – برای انجام تحلیل اهمیت زیادی دارد. ما اغلب با داده های ثبت شده ای مانند "پمپ خراب شد – تعمیر شد" یا "فیبر و فنر تعویض شد" مواجه می شویم. اینگونه داده ها صرفاً به نگهداری آمار شکست کمک می کند، نه به تحلیل شکست. معمولاً چالش اصلی این است که چگونه ورود داده ها را برای کارکنان فنی آسان کنیم. برای یک تحلیل قابلیت اطمینان خوب، باید داده های باکیفیت داشته باشیم، بدانیم که دارایی پیش و پس از شکست چگونه بود، چه کارهایی برای تعمیر انجام شد، چه قطعاتی استفاده شد، تعمیر چه مدت زمان برد و مانند اینها.

خ) طراحی برای قابلیت اطمینان و نگهداشت

اگر در حال اصلاح یا تعویض دارایی هستید، مطمئن شوید که اپراتورها و کارکنان نگهداشت در بازبینی طراحی دخیل بوده، بخشی از تیم بهبود باشند. دارایی باید با ویژگی های حداکثر قابلیت اطمینان و سادگی نگهداشت طراحی شود. این راهکار برتر با جزئیات بیشتر در فصل ۶ بحث خواهد شد. روش TPM هم با جزئیات بیشتر در فصل ۷ بحث خواهد شد.

۵.۳. سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه: CMMS

سامانه مدیریت نگهداشت یک ابزار ضروری برای همه سازمان های نگهداشت است. این سامانه می تواند به کارایی و اثربخشی واحد نگهداشت کمک کرده، در نهایت از طریق ساده سازی گردش کارهای مهم، شناسایی کارها، برنامه ریزی فعالیت ها، زمان بندی و گزارش دهی، باعث شود خروجی بیشتری از دارایی ها به دست آید. دو نوع سامانه مدیریت نگهداشت وجود دارد. یک سامانه مجموعه ای از نرم افزارهای ماژولار در سطح سازمان است، مانند مدیریت دارایی، برنامه ریزی مواد اولیه، مالی و منابع انسانی. این نرم افزارها یا سامانه ها بصورت یکپارچه با یکدیگر تعامل داشته، می توانند به شکل اثربخشی بین تعداد

زیادی مکان های فیزیکی و کارخانه کار کنند. بیشتر این سامانه ها در میانه دهه ۱۹۹۰ میلادی گسترش پیدا کردند و در طول دهه بعد به عنوان سامانه های مدیریت دارایی های سازمان (EAM) شناخته شدند. نمونه هایی از این سامانه ها آنهایی هستند که توسط شرکت هایی مانند جی دی ادواردز^{۳۶}، آی اف اس^{۳۷}، اوراکل^{۳۸}، پیپل سافت^{۳۹} و سپ^{۴۰} توسعه یافته اند. نصب و بروزرسانی آنها می تواند پرهزینه باشد. نوع دیگر سامانه ها نرم افزارهای مستقل مرتبط با مدیریت نگهداشت هستند. این سامانه ها می توانند با سایر سامانه های سطح سازمان، مانند سامانه های مالی یا منابع انسانی، تعامل داشته باشند. این ها سامانه های مدیریت مکانیزه نگهداشت (CMMS) نامیده می شوند. نام CMMS در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ میلادی ابداع شد، زمانی که برنامه های PM با استفاده از رایانه بصورت خودکار درآمدند. سامانه های جدید CMMS قابلیت ها و کارکردهای خیلی بیشتری دارند؛ استفاده از آنها، در مقایسه با بعضی سامانه های EAM، آسان تر است. نمونه هایی از این سامانه ها است پوینت^{۴۱}، چمپز^{۴۲}، دیتا استریم^{۴۳}، ای مینت^{۴۴}، اپک^{۴۵}، ایوارا^{۴۶}، ماکسیمو/آی بی ام^{۴۷}، میکان^{۴۸}، ام پالس^{۴۹} و سینرژن/اس پی ال/اوراکل^{۵۰} هستند. بیش از صد نوع CMMS در بازار وجود دارد، که قیمت آنها از ۱۰۰۰ دلار شروع شده، بسته به تعداد کاربر و اندازه کارخانه تا بیش از ۲۵۰/۰۰۰ دلار هم می رسد. امروزه بیشتر این سامانه ها بر پایه شبکه اینترنت هستند. اصولاً تفاوت عمده ای بین روش کارکرد این دو نوع سامانه وجود ندارد و به همین دلیل واژه های CMMS و EAM اغلب به جای هم بکار می روند. سامانه های CMMS/EAM باید قابلیت های زیر را داشته باشند، اگرچه قابلیت ها به این موارد محدود نمی شود:

۱. تاریخچه دارایی / تجهیز
۲. توصیف و مشخصات دارایی
۳. شناسنامه دارایی

36 J. D. Edwards
37 IFS
38 Oracle
39 PeopleSoft
40 SAP
41 AssetPoint
42 Champs
43 DataStream
44 eMaint
45 EPEC
46 Ivara
47 Maximo/IBM
48 Mapcon
49 mPulse
50 Synergen/SPL/Oracle WAM

۴. نتایج CM بر مبنای یافته های PM و CBM
۵. مدیریت پیکربندی
۶. مدیریت کارهای پیمانکاری
۷. شناسایی تجهیزات مهم (بحرانی)
۸. مدیریت نقشه ها و اسناد فنی
۹. مجوزهای EPA⁵¹/OSHA⁵²
۱۰. تاریخچه FMEA ها و تحلیل RCM
۱۱. مدیریت سلسله مراتب
۱۲. مدیریت موجودی/قطعات یدکی
۱۳. مواد – مدیریت انبارهای نگهداشت، تعمیر و تعمیر اساسی (MRO)
۱۴. داده های MTBF و MTTR بر حسب دارایی و انواع دارایی ها
۱۵. کارهای تکرار نشدنی – شکست ها/خرابی ها
۱۶. کارهای معلق شده – کار انباشته
۱۷. مدیریت کارکنان
۱۸. رویه های کاری PM و CBM/PdM
۱۹. بهینه سازی PM شامل تحلیل قابلیت اطمینان
۲۰. گواهینامه های مخازن تحت فشار
۲۱. انواع کارهای تکرار شدنی – PM و CBM/PdM
۲۲. گزارش دهی – گزارش های استاندارد و تخصصی
۲۳. ثبت ساعت
۲۴. مدیریت آموزش
۲۵. مدیریت ضمانت نامه ها
۲۶. ارسال دستور کار
۲۷. بستن دستور کار و بازخورد آن
۲۸. جداول داده های تخمین کار و ارتباط آن با سایر منابع
۲۹. شناسایی کار
۳۰. مدیریت دستور کار (WO)
۳۱. برنامه ریزی کار
۳۲. زمان بندی کار و متعادل سازی منابع

اژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا 51 Environmental Protection Agency

اداره ایمنی و سلامت شغلی آمریکا 52 Occupational Safety and Health Administration

ماژول مدیریت دستور کار (WO)^{۵۳}

یکی از مفیدترین ابزارهای مدیریت در یک بسته نرم افزاری CMMS مدیریت دستور کار یا فرآیند گردش کار است. ماژول گردش کار امکان ارسال خودکار داده ها را از طریق یک فرآیند بهینه سازی شده فراهم می کند، که شامل تأییدیه های قابل پیگیری، اطلاع رسانی و تراکنش های خودکار بر پایه قوانین تعریف شده توسط کاربر است.

یک گردش کار استاندارد برای ارسال دستور کارها به تأیید کننده مناسب می تواند، بسته به نیروی انسانی کلی و هزینه مواد تخمین زده شده، ایجاد شود. علاوه بر این، سازمان ها می توانند قوانین محدود کننده کار تیم ها و همچنین نوع تأییدیه را برای سفارشی سازی طرح های صدور مجوز ایجاد کنند. این سامانه می تواند به گونه ای تنظیم شود که اگر صورت هزینه های واقعی از مقدار مشخص شده توسط کاربر تجاوز نمود، درخواست صدور مجوز از سطوح بالاتر سازمان را صادر کند. بنابراین، دستور کارها یا پروژه ها را می توان پایش و تخطی های قابل توجه از مقادیر تعیین شده را مشخص نمود. این سامانه همچنین می تواند به گونه ای پیگیری شود که فقط به افراد خاصی اجازه دهد تا دستور کارهای اضطراری را تأیید کنند.

سازمان ها باید قادر باشند تا، اگر بخواهند، بتوانند قوانین کسب و کار را با جزئیات کامل مستقر کنند. به عنوان نمونه، یک دستور کار از نوع مشخص و هزینه معین به صورت متوالی به دو تأیید کننده ارسال شود. اگر تأیید کننده نخست دستور کار را در یک زمان تعیین شده تأیید نکرد، سرپرست از طریق ایمیل/پیجر مطلع شود. همچنین می تواند تأیید کننده های جایگزین را در شرایط خاص تعیین نماید، مانند زمانی که تأیید کننده اصلی در سفر است. سایر ویژگی ها برای مدیریت دستور کار عبارتند از:

۱. قابلیت ایجاد دستور کار چند مرحله ای؛ برای کارهای مشابه، دستور کار می تواند به شکل یک الگو^{۵۴} برای کارهای آینده ذخیره شود.
۲. قابلیت ایجاد استانداردهای کاری برای تخمین نیروی انسانی.
۳. سهولت ورود اطلاعات، شامل رابط کاربری گرافیکی که ظاهری شبیه به نرم افزار میکروسافت آفیس داشته باشد.
۴. قابلیت تعیین وضعیت برای یک گردش کار مشخص، بصورت مستقیم از یک جدول یا داشبورد.
۵. قابلیت فراهم کردن آمارهایی مانند حجم تراکنش ها در یک دوره زمانی مشخص یا متوسط زمان برای تکمیل یک فعالیت کاری خاص.
۶. وارد کردن زمان های استاندارد برای فعالیت ها، به منظور پیش بینی اینکه یک فرآیند چه مدت باید طول بکشد و گزارش دهی زمان واقعی تکمیل کار نسبت به زمان استاندارد.

53 Work Order

54 template

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۷. اختیاری یا اجباری کردن فعالیت ها، بسته به ویژگی های نوع کار (به عنوان مثال مرحله تأیید، اگر یک دستور کار اضطراری باشد).

ماژول PM و CBM/PdM

PM و نگهداشت بر مبنای وضعیت هم جزو ماژول های مهم CMMS هستند. بعضی از ویژگی های CMMS برای بهینه سازی گردش کار PM عبارتند از: انعطاف پذیری زمان بندی با در نظر گرفتن تغییر فصول، قالب های چندگانه، درشت نمایی، شبیه سازی و پایش وضعیت داده های تعریف شده توسط کاربر. ویژگی مفید دیگر، فعالیت سایه^{۵۵} است. این ویژگی اجازه می دهد که به عنوان مثال، یک PM هفتگی انجام نشود، اگر در زمان بندی کوتاه مدت، سرویس PM ماهیانه ای وجود داشته باشد که شامل فعالیت های آن PM هفتگی هم باشد.

اطلاعات حاصل از سامانه های جمع آوری داده مانند گزارش دهی زمانی بر مبنای بارکد، سامانه سرپرستی و گردآوری داده (اسکادا)^{۵۶} و واسط بین انسان و ماشین^{۵۷} می توانند به صورت خودکار وارد CMMS شوند و انحرافات احتمالی از طریق دسترسی داده های مرجع توضیح داده شوند. کارکرد نگهداشت بر مبنای وضعیت در یک CMMS می تواند برای تعیین حدود کنترلی استفاده شود که فعال کننده کنش هایی مانند صدور یک دستور کار یا فراخوانی یک تکنیسین هستند و از این طریق کارایی و اثربخشی گردش کار را افزایش دهد. بیشتر مدیران دریافته اند که جلوگیری از افزایش هزینه های نگهداشت روز بروز سخت تر می شود، چرا که رویه ها یا ناکافی یا قدیمی هستند. CMMS می تواند اینگونه رویه ها را، که منابع زیادی صرف می کنند و نیاز به بازبینی دارند، شناسایی کند.

ماژول زمان بندی

زمان بندی موضوعی است که بسته های مختلف CMMS قابلیت های قابل توجهی ارائه می دهند. CMMS باید زمان بندی ای را فراهم کند که با تقاضای نگهداشت همخوانی داشته باشد – دستور کارهای باز با منابع انسانی در دسترس. بعضی از سامانه ها کار انباشته را با لیست ساعت های کاری در دسترس مقایسه کرده، شباهت ها را دسته بندی و فیلتر می کنند. بعضی از سامانه ها این داده ها را با نمودار نمایش می دهند تا به متعادل سازی حجم کار کمک کنند. یک راه خوب برای نمایش این داده ها استفاده از نمودار میله ای در نیمه بالایی صفحه و لیست دستور کارها در نیمه پایینی است.

پیچیدگی بعضی از نرم افزارهای CMMS، در اثر اتصال و یکپارچه شدن با نرم افزار مدیریت پروژه توسعه داده شده توسط سازمان یا تهیه شده از شخص ثالث، افزایش یافته است. این ویژگی به کاربرها امکان

55 task shadowing

56 Supervisory Control and Data Acquisition: SCADA

57 Human Machine Interface: HMI

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

دسترسی به امکانات گسترده ای مانند تحلیل مسیر بحرانی، تهیه گانت چارت^{۵۸} و بهینه سازی بهره برداری از منابع را می دهد.

شاید مهیج ترین پیشرفت در کارکرد زمان بندی، قابلیت انجام تحلیل "چه می شود اگر"^{۵۹} باشد. بازی کردن با متغیرهایی مانند مدت زمان تخمینی انجام کار، اولویت دستور کار و دسترسی به نیروی کار، به برنامه ریز نگهداشت امکان می دهد که بدون نیاز به ایجاد تغییرات دائمی در داده های مرجع، بتواند زمان بندی را دقیقاً تنظیم کند. فقط پس از اینکه برنامه ریز و سرپرست ها از زمان بندی راضی شدند، امکان تغییر در داده ها محدود شده، اطلاعات مرجع بروزرسانی می شود.

بهره وری و طراحی مبتنی بر کاربر

در سال های اخیر، یکی از مهم ترین مباحث در CMMS بهبود طراحی مبتنی بر کاربر یا کاربردی بودن آن است. آن دسته از بسته های CMMS ای که نرم افزار آنها دوباره نوشته شده است تا تحت وب شوند یا امکانات تعامل با کاربر^{۶۰} آنها جدید و پیشرفته شود، کاربرپسندتر شده اند. برای مقایسه فروشندگان CMMS، بعضی از کاربران سناریوهایی طراحی کرده اند تا بتوانند ارزیابی کنند که چند صفحه نرم افزاری باید باز شود تا مجموعه مشخصی از فعالیت ها کامل شوند و این کار چقدر طول می کشد. بعضی ها هم تعداد صفحات یا کلیک های لازم برای دسترسی به اطلاعات مورد نیاز را مقایسه می کنند. بسته های نرم افزاری تحت وب، در مقایسه با سامانه های قدیمی تر، پیشرفت بیشتری داشته، ویژگی هایی مانند موارد زیر به آنها افزوده شده است:

۱. نوار ابزار جستجو
۲. نشان کننده ها^{۶۱}
۳. برگزیده ها^{۶۲}
۴. فهرست تاریخچه، شامل لیست صفحاتی که در گذشته بازدید شده اند، به ترتیب وقوع آنها و دارای قابلیت کلیک کردن روی آنها و رسیدن به صفحه مورد نظر
۵. دکمه های عقب رفتن و جلو رفتن، برای جابجا شدن بین صفحاتی که قبلاً بازدید شده اند
۶. نوار ابزار URL، که به کاربر اجازه می دهد روی نشانی هر صفحه یا وبسایت کلیک کند

گرایش کلیدی دیگر در طراحی مبتنی بر کاربر، انعطاف پذیری در سفارشی سازی کاربری برای طیف متنوعی از نیازهای کاربران، یا متناسب سازی آن برای نقش های گوناگون، مانند برنامه ریز نگهداشت،

58 Gant chart

59 what-if

60 user interfaces

61 Bookmarks

62 Favorites

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

سرپرست، نیروی فنی و انباردار است. این گرایش مورد استقبال وسیع کاربران قرار گرفته است، چرا که زمان آموزش نرم افزار را کاهش داده، اجرای فرآیندهای روزانه را ساده کرده، صحت و سرعت ورود اطلاعات را افزایش داده، استخراج اطلاعات مرتبط را تسهیل کرده و منجر به تصمیم سازی بهتر و سریع تر گردیده است. نمونه هایی از قابلیت های سفارشی سازی عبارتند از:

۱. دسترسی ایمن، که مشخص می کند هر کسی به کدام فیلدها^{۶۳}، صفحات، منوها و غیره نرم افزار دسترسی داشته باشد و اینکه اطلاعات برای کدام کاربر فقط قابل خواندن و برای کدام یک قابل خواندن و ویرایش باشد
۲. جانمایی صفحات، که مشخص می کند هر فیلد در کدام صفحه یا برگه^{۶۴} نمایش داده شود و نام فیلدها، اندازه و شکل هر فیلد، موقعیت هر فیلد، رنگ ها، نام و محتوای هر برگه، اندازه و موقعیت داده های ستونی و مقادیر پیش فرض چه باشد
۳. زبان بسته نرم افزاری و واحد پول مورد استفاده در آن
۴. منوی راه اندازی یا منوی اصلی، به عنوان نمونه، انتخاب منوها، میان برها، گزارش دهی ها، KPI ها، اجزای داشبوردها، اخطارها، اعلان ها و مانند آنها که کاربران می توانند به دلخواه خودشان آنها را در صفحه اصلی شان یا در هر سطح دیگری قرار دهند
۵. گزارش ها یا جستجوهای که توسط کاربران شخصی سازی شده اند تا برحسب معیارهای مشخصی فیلتر یا چیدمان شوند، یا اینکه چگونه روی صفحه نمایش یا در کاغذ چاپ نشان داده شوند
۶. فرم ها و الگوهایی که می توانند ورود اطلاعات را آسان تر نمایند
۷. پیغام های کمک یا خطا

پیشرفت های امکانات و کارکردهای CMMS باعث شده است که بسیاری از بسته های نرم افزاری بهتر بتوانند پاسخگوی الزامات اختصاصی صنایع و تأسیسات خاص باشند.

تحلیل اطلاعات و گزارش دهی

کاربران آرام آرام به قدرت باورنکردنی CMMS در جمع آوری داده های خام و تبدیل آنها به اطلاعات و دانش پی برده، متوجه می شوند که این اطلاعات و دانش می تواند، با استفاده از ابزارهای تحلیلی، باعث بهبود قابل ملاحظه اثربخشی نگهداشت گردد. جمع آوری داده ها و گزارش دهی آنها به تنهایی کافی نیست. یک CMMS می تواند این داده ها را گرفته، با استفاده از ابزارهای تحلیلی، آنها را به اطلاعات مفیدی مانند "۱۲ دارایی پرمشکل" (یا آنگونه که بعضی ها می گویند، "بازیگران بد") تبدیل کند. این

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

دارایی های پرمشکل می توانند براساس هزینه یا تعداد از کار افتادگی ها در یک دوره زمانی مشخص، تعیین شوند؛ آنها را می توان به شکل گرافیکی و به صورت صعودی (نمودار پارتو⁶⁵) یا به هر شکل دیگری نمایش داد. این تحلیل به کاربران فرصت می دهد که ابتدا بزرگ ترین مشکل ها را شناسایی کنند. سپس می توانیم علل ریشه ای مانند لوازم یدکی یا مواد معیوب از یک سازنده یا تأمین کننده مشخص، اشکالات طراحی، مسایل مرتبط به نیروی انسانی مانند آموزش ناکافی، یا خطاهای اپراتوری را شناسایی کنیم.

گزارش دهی و تحلیل خوب در حوزه مدیریت دارایی ها مهم هستند. گاهی گزارش های سوابق تجهیزات از نظر نیروی انسانی واقعی، نیروی انسانی برنامه ریزی شده، هزینه مواد و سایر هزینه ها در دسترس هستند. ویژگی های پیشرفته تر شامل ردیابی هزینه های نگهداشت مطابق با خواسته های کاربر و ردیابی و تحلیل وضعیت تجهیز، مشکلات، علل، اقدامات و عوامل تأخیر هستند.

سایر امکانات گزارش دهی که به بهینه سازی کارها کمک می کنند عبارتند از: تحلیل قابلیت دسترسی و عملکرد دارایی، متوسط زمان بین خرابی (MTBF)⁶⁶ و قابلیت تعیین علت ریشه ای توقف ها.

بعضی از بسته های CMMS می توانند MTBF و متوسط هزینه اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه را به صورت نموداری نشان دهند. سایر امکانات این بسته ها زمان بندی استهلاک، بودجه ریزی هزینه های سرمایه ای برای تعمیرات و تعویض های اساسی و تعیین عمر باقیمانده دارایی ها هستند. تحلیل تعمیر در برابر تعویض را هم می توان به صورت تصویری نشان داد.

بسیاری از فروشندگان CMMS تلاش کرده اند قابلیت تحلیل شکست نرم افزارهای خود را بهبود دهند تا بتوانند پاسخگوی علاقه رو به گسترش کاربران برای انجام تحلیل حالت ها و اثرات شکست (FMEA)، نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) و تحلیل علت ریشه ای (RCA) باشند. سازمان های وابسته به دارایی های فیزیکی متوجه شده اند که پیاده سازی این تکنیک های پیشرفته بسیار کند و پیچیده است. اگر این تکنیک ها روی دارایی ها و سامانه های مهم پیاده شوند، نتایج بالقوه خارق العاده ای خواهند داشت.

گروه دیگر ابزارهای تحلیلی که نیاز به آنها به طور پیوسته در حال افزایش است، ابزارهای هزینه ای و بودجه ای، مانند هزینه چرخه عمر، هستند. جمع آوری هزینه های مرتبط با یک دارایی، از خرید تا اسقاط آن، کمک می کند تا مدیریت دیدگاه بهتری نسبت به هزینه کلی مالکیت یا عمر اقتصادی دارایی های مختلف و طبقه بندی های مختلف دارایی ها داشته باشد. مزایای پیگیری هزینه های چرخه عمر بسیار زیاد هستند و تعدادی از آنها عبارتند از:

- مقایسه اولیه هزینه پیشنهادی مختلف از یک نوع مشخص دارایی (به عنوان نمونه، مقایسه یک لیفتراک کاترپیلار با یک لیفتراک تویوتا با همان مشخصات یا مشخصات نزدیک به آن)

65 Pareto Chart

66 mean-time-between-failure

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- امکان مقایسه عملکرد دارایی و هزینه کلی مالکیت آن (به عنوان نمونه، تصمیم گیری در مورد اینکه دوره استفاده اقتصادی از یک دارایی چقدر است و زمان تعویض اقتصادی آن کی خواهد بود)
- پیش بینی هزینه دارایی ها بر مبنای منحنی هزینه چرخه عمر دارایی های مشابه
- آگاه شدن از هزینه ها برای کنترل آنها

تحلیل هزینه چرخه عمر می تواند نسبتاً پیچیده باشد، بویژه برای تأسیسات یا زیرساخت هایی که وضعیت دارایی و نرخ استهلاک آن باید پایش و ارزیابی شود. کنترل های چند ساله شامل عواملی مانند نرخ تنزیل بانکی، مورد استفاده در تعیین ارزش خالص فعلی^{۶۷} (NPV)^{۶۸} هستند. باید فرضیات مهمی در مورد اینکه کسب و کار، بازار و محصولات جایگزین چگونه در طول زمان تغییر خواهند کرد، در نظر گرفته شوند. یک CMMS می تواند، از طریق جمع آوری هزینه های نیروی انسانی، مواد، قراردادهای و هزینه های بالاسری مرتبط با یک دارایی، به رهگیری هزینه های چرخه عمر کمک کند – حتی اگر آن دارایی جابجا شود، برای تعمیر به بیرون از سازمان فرستاده شود، نشانه های استهلاک آن سریعتر یا کندتر از انتظار نمایان شوند یا حتی ارزش آن کمتر یا بیشتر شود. هزینه های غیر از هزینه های نگهداشت هم باید در نظر گرفته شوند؛ این هزینه ها شامل هزینه های نصب، هزینه های بهره برداری و کاهش ریسک هستند (به عنوان نمونه، اثرات آن روی بهداشت، ایمنی و محیط زیست).

فناوری موبایل

محبوبیت فناوری موبایل پیوسته در حال افزایش است و کاربران بیشتری به قدرت آن پی می برند. درضمن، شبکه های ارتباطی از نظر گستره جغرافیایی و کنترل تداخل ها در حال گسترش هستند. همچنین کارایی و قیمت گوشی ها و سایر دستگاه های موبایل هم در حال پیشرفت است. بیشتر کارکردهای رایانه ها را می توان به گوشی های موبایل هم وارد نمود، مانند بارگذاری و برداشت اطلاعات دستور کارها و موجودی لوازم یدکی، دسترسی به تاریخچه و گزارش های تجهیزات و حتی مشاهده نمودارها و نقشه ها. فناوری موبایل یکی از مهمترین روندهایی است که استفاده از آن در صنعت CMMS رو به گسترش است. تلفن های هوشمند و آی پدها دنیای کسب و کار را وارد مرحله جدیدی نموده اند.

۶۷ جو نایت می گوید: «ارزش فعلی خالص یعنی ارزش فعلی جریان های نقدی با نرخ بازدهی مورد نظر در پروژه ای شما، در مقایسه با سرمایه گذاری اولیه (مترجم)

68 Net Present Value

قیمت سامانه

نیاز به CMMS و استفاده از آن مختص صنعت یا کاربرد مشخصی نیست. هر سازمانی که از دارایی ها برای تولید محصولات یا ارائه خدمات استفاده می کند، مشتری بالقوه CMMS است. سامانه های رایانه ای روز بروز جذاب تر می شوند، کارکنان بیشتری از واحد نگهداشت سواد رایانه ای پیدا کرده اند و قیمت سخت افزار و نرم افزارها به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. این عوامل باعث شده است که CMMS حتی برای کارخانه های کوچکتر هم گزینه جذابی باشد. بسته های نرم افزاری CMMS به صورت ماژولار در دسترس هستند. به عبارت دیگر، لازم نیست که سازمان ها همه امکانات و ماژول های نرم افزار را خریداری کنند. به عنوان نمونه، کارخانه های کوچکتر می توانند برای شروع تنها ماژول های دارایی، PM و دستور کار را خریداری کرده، سایر ماژول ها را در آینده به آن اضافه نمایند. همچنین بسیاری از نرم افزارهای CMMS قابلیت کاهش مقیاس برای کارخانه های کوچکتر را دارند. این برنامه ها علاوه بر اینکه همه کارکردها [ی نرم افزارهای بزرگ] را دارند، ارزان هم هستند. ولی سازمان ها باید مشخص کنند که آیا CMMS برای عملیات آنها فایده دارد و آیا همه ذی نفعان با آن موافق هستند؟ میانگین سنی نیروی کار و پیوستگی دانش سازمانی موارد مهم دیگری هستند که باید مورد توجه باشند. اگر یک کارمند کلیدی نگهداشت بازنشسته شود، چه مقدار اطلاعات از سازمان خارج می شود؟ سالیانه اطلاعات مهم می تواند همراه با خروج این کارمند از سازمان خارج شود.

موانع استفاده از CMMS

برای غلبه بر موانع مرتبط با استفاده از CMMS باید به موارد زیر توجه شود:

۱. **سازمان برای استفاده از این سامانه خیلی کوچک است** – این استدلال نشان دهنده کمبود آگاهی از مزایا و کارکردهای واقعی CMMS است. یک CMMS که بطور کامل با نیازهای سازمان تطبیق داده شده باشد، در هر کارخانه کوچکی هم باید بتواند هزینه خود را تأمین کند. کارخانه های بسیاری وجود دارند که فقط تعداد کمی تکنیسین نگهداشت دارند، ولی از CMMS استفاده می کنند. CMMS می تواند در ثبت و نگهداری سوابق تجهیز کمک کند. این سوابق پایه تصمیم گیری های آینده در مورد انتخاب رویکرد تعمیر در برابر تعویض خواهند بود. همچنین سوابق دقیق و کامل نشان می دهند که آخرین بار کار چگونه انجام شده است و در نتیجه باعث صرفه جویی در زمان مورد نیاز برای طراحی دوباره یک کار یا فعالیت می شوند.

۲. **بازگشت سرمایه یا صرفه جویی آن کافی نیست** – سازمان نگهداشت باید مزایا و صرفه جویی های استفاده از CMMS را بطور کامل مشخص کند تا نشان دهد که ROI واقعی CMMS ای که به درستی انتخاب شده است چقدر می باشد.

۳. CMMS از نظر MIS یا IT اولویت بالایی ندارد – نبود پشتیبانی کافی مسأله ای متداول است. اگر MIS از پروژه پشتیبانی کند، شانس موفقیت آن به شدت افزایش می یابد. برای بسیاری از تصمیم سازان، شناخت و انتخاب CMMS پیچیده است. کمک به MIS برای درک اهمیت CMMS باید هدف اولیه واحد نگهداشت باشد.

۴. MIS و نگهداشت با زبان های فناوریانه متفاوتی صحبت می کنند – توانایی ترجمه مزایای فناوریانه CMMS برای کسب و کار می تواند به غلبه بر این مانع کمک شایانی کند. پشتیبانی MIS باعث می شود که قانع کردن دیگران آسان تر باشد.

۵. افراد دخیل موفق به اجماع نمی شوند – وقتی که طرف های درگیر در مورد نیاز به یک CMMS یا ویژگی های آن موافق نباشند، دستیابی به تأمین مالی برای تهیه CMMS مشکل می شود. باید در گروه فردی وجود داشته باشد که قدرت و اختیار انتخاب اعضای گروه و اقدام براساس نتایج را داشته باشد.

انتخاب CMMS مناسب

انتخاب CMMS مناسب در پیاده سازی موفق آن نقش تعیین کننده ای دارد. در ادامه تعدادی راهنمای پیشنهادی برای انتخاب موفق CMMS معرفی می شوند.

ویژگی های سامانه

ویژگی های بشماروی وجود دارند که باید در سامانه وجود داشته باشند. یک ویژگی انعطاف پذیری است. CMMS باید براساس اجازه به کاربران برای ورود اطلاعات مربوط به سازمان شان انعطاف پذیر باشد. همچنین باید بتواند نیازهای حال و آینده سازمان را تأمین کند. سازمان ها باید از محدودیت های سامانه مطلع باشند. پیش از خرید یک سامانه مشخص، باید محدودیت های آن بررسی شوند. به عنوان نمونه، اگر در آینده تعداد سوابق در پایگاه داده^{۶۹} به مقدار چشمگیری افزایش یابد، قابلیت های جستجو و گزارش دهی آن نباید کند شوند.

ویژگی قابل توجه دیگر، قابلیت های ارتباطی سامانه است. CMMS باید بتواند با سایر سامانه های اطلاعاتی تبادل داشته باشد. خودکفایی^{۷۰} ویژگی دیگری است که باید به آن توجه شود. باید بتوان از برنامه بطور کامل استفاده کرد، بدون اینکه نیاز باشد از یک دفترچه راهنما یا منبع خارجی دیگر استفاده

69 database

70 Self-sufficiency

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

شود. باید راهنمایی های روی صفحه نمایش برنامه نشان داده شود که کارکرد نرم افزار و روش کاربری آن را توضیح دهد. سایر ویژگی ها شامل امنیت سامانه، امنیت اطلاعات، بهبودها، قابلیت شخصی سازی صفحات و قابلیت شخصی سازی گزارش ها هستند.

کاربری آسان

باید یادگیری کاربری CMMS آسان باشد و مستندات و امکانات کمک آموزشی همراه آن وجود داشته باشد. کاربری آن هم باید ساده باشد. نرم افزار باید توسط نمادهای تصویری^{۷۱} و منوها هدایت شود، صفحاتی برای ورود منظم اطلاعات داشته باشد و قابلیت مدیریت خطاها و راهنمای حساس به متن^{۷۲} داشته باشد.

پشتیبانی فروشنده

صلاحیت فروشندگان بالقوه CMMS را بررسی کنید. آشکار است که ما فروشنده ای می خواهیم که در مورد CMMS هم دانش و هم تجربه داشته باشد. قدرت مالی فروشنده ها را هم بررسی کنید. یک پروژه CMMS سرمایه گذاری روی زمان، منابع و پول است. بنابراین، فروشنده باید ارزیابی شود. از فروشنده در مورد خریداران پیشین، [زمان و شرایط] تحویل، شرایط پرداخت، زبان برنامه نویسی و ضمانت پرسش کنید.

همچنین سطح پشتیبانی فروشنده را، از نظر آموزش کاربران، بررسی نمایید. چه آموزش در دفتر فروشنده انجام شود و چه در محل کارخانه شما، این سرمایه گذاری کوچک می تواند در درازمدت صرفه جویی قابل توجهی در هزینه ها ایجاد کرده، مشکلات بعدی را کاهش دهد. عوامل دیگری که باید به آنها توجه شود عبارتند از سامانه پشتیبانی فروشنده، خط مشی بروزرسانی و هزینه کلی سامانه. فروشنده ای را انتخاب کنید که بهترین ترکیب ممکن از ویژگی های مورد نظر شما را ارائه می کند.

موضوع اصلی این است که به یک CMMS برای نگهداشت نیاز دارید، بدون توجه به اینکه کارخانه شما چقدر کوچک یا بزرگ است. در زمان فرآیند ارزیابی، باید از موانع موجود آگاه بوده، به خوبی برای مواجهه با آنها آماده باشیم. برای اینکه در این فرآیند شکست نخوریم، باید نگاه کنیم که چرا پروژه های CMMS فراوانی شکست خورده اند و بهترین انتخاب را برای کاربری سازمان مان انجام دهیم.

چرا بسیاری از پروژه های CMMS شکست می خورند؟

بسیاری از پروژه های CMMS در رسیدن به توانایی بالقوه شان ناکام می مانند. تعدادی از دلایل آن به شرح زیر است:

71 icons

72 context-sensitive help

۱. انتخاب CMMS اشتباه برای کاربری شما
۲. رفت و آمد (تغییر) کارکنان
۳. نبود آموزش کافی در زمان پیاده سازی
۴. مقاومت کارکنان
۵. محدودیت در سخت افزار/نرم افزار
۶. پشتیبانی ناکافی از طرف تأمین کننده CMMS
۷. انتظارات خیلی زیاد و [توقع] بازگشت سرمایه سریع
۸. سیاست های داخلی – مالی یا IT رهبری گروه پیاده سازی CMMS/EAM را بر عهده می گیرد

توجه: در حالت ایده آل، باید مهندسان M&R ارشد رهبری این پروژه را بر عهده بگیرند، زیرا آنها بیشتر از هر کس دیگری به نیازهای [نگهداشت] آگاهی دارند. از کارکنان IT و مالی هم در گروه استفاده کنید تا از پشتیبانی پیوسته آنها برخوردار شوید.

افزایش گام به گام ویژگی ها و کارکردهای CMMS باعث شده است که بسته های نرم افزاری زیادی در تأمین الزامات بی شمار و تخصصی صنایع و تأسیسات خاص بهتر شوند. بسیاری از سازمان ها صرفاً به دنبال بسته CMMS ای هستند که نیازهای منحصر به فرد آنها را برآورده کند و تأمین کننده ای می خواهند که صنعت آنها را درک کند. در ادامه تعدادی مثال در این مورد ارائه می شود:

۱. سازمان های دارویی به CMMS ای نیاز دارند که قابلیت امضای الکترونیک را برای تطابق با الزامات FDA 21 CFR Part II⁷³ داشته باشد.
۲. شهرداری ها به دنبال CMMS ای با قابلیت کارکرد با دارایی های پیچیده خطی هستند که بتواند تأسیسات، لوله های آب زیرزمینی، شبکه های فاضلاب و مانند آنها را مدیریت کند. همچنین قابلیت تطابق با الزامات GASB 34^{۷۴} را داشته باشد.

73 مقرراتی است که توسط اداره غذا و داروی ایالات متحده (FDA) وضع شده است و معیارهایی را برای سوابق و امضاهای الکترونیک مشخص می کند تا موثق و قابل اطمینان بوده، با سوابق کاغذی قابل تطابق باشند (مترجم).

۷۴ مقررات GASB 34 در ایالات متحده، چارچوب جامعی برای گزارش دهی مالی ایجاد کرده که هدف آن ساده سازی گزارش های سالیانه است تا درک و استفاده از آن برای افراد ساده تر باشد (مترجم).

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۳. سازمان های دارای تجهیزات متحرک زیاد به دنبال کارکرد مدیریت ناوگان هستند، مانند تطابق با ساختار استانداردهای گزارش دهی نگهداشت وسایل نقلیه (VMRS)^{۷۵} یا لیست قطعات استاندارد انجمن حمل و نقل سنگین آمریکا^{۷۶}.

۴. شرکت های خطوط لوله به ویژگی های بازرسی و ارزیابی ریسک نیاز دارند.

۵. کارخانه های شیمیایی، نفت و گاز و نیروگاه های هسته ای به کارکردهای پیچیده مرتبط با ایمنی، مانند قفل کردن/برچسب زدن، نیاز دارند.

۶. ارائه دهندگان خدمات شخص ثالث به ویژگی هایی مانند مدیریت پیمان، صدور صورت حساب شخص ثالث، میز راهنما و مانند آنها نیاز دارند.

۷. واحدهای دولتی مشتاق قابلیت بودجه بندی های پیچیده، شامل حسابداری تخصیصی^{۷۷}، هستند.

۸. شرکت های وابسته به تجهیزات بسیار گران قیمت می توانند میلیون ها دلار صرفه جویی کنند، اگر CMMS بتواند به آنها کمک کند تا چرخه عمر داده های مرتبط با تجهیزات را ترکیب کرده، آن را از مرحله طراحی مهندسی تا بکارگیری تا نگهداشت دنبال کنند.

نرم افزار CMMS اثربخش یک ابزار گران قیمت برای بسیاری از کارخانه ها و تأسیسات است. کسب و کارها برای تهیه CMMS با موانع داخلی متعددی هم روبرو هستند. هنگامی که تصمیم گرفتید یک CMMS تهیه کنید، گام های زیر را دنبال نمایید:

الف. یک گروه تشکیل دهید.

ب. مشکلات سامانه موجود را شناسایی کنید.

پ. اهداف، ویژگی ها و مزایای CMMS را مشخص کنید.

ت. تحلیل مالی انجام دهید.

و یک مدیر پروژه انتخاب کنید. بهتر است مدیر پروژه متخصص ارشد نگهداشت و قابلیت اطمینان باشد و از کارکنان فناوری اطلاعات یا مالی برای این کار استفاده نکنید.

نرم افزارهای CMMS جدید ویژگی ها و امکانات بسیار زیادی دارند و بیشتر کاربران تنها می توانند از بخش اندکی از این قابلیت ها استفاده کنند. گزارش شده است که بیشتر کاربران از کمتر از ۵۰٪ قابلیت ها و کارکردهای CMMS شان استفاده می کنند. تمایز واقعی در چگونگی پیاده سازی CMMS نهفته است. سازمان ها باید اهداف قابل اندازه گیری داشته باشند، فرآیندهای شان را براساس این اهداف

75 Vehicle Maintenance Reporting Standards

76 American Trucking Association

77 encumbrance accounting

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مهندسی مجدد کنند، CMMS را برای بهینه سازی فرآیندهای جدید پیکربندی کنند و رفتار سازمانی را بگونه ای تغییر دهند که پذیرای این تغییرات باشد.

۶.۳. کیفیت نگهداشت

نقل قولی است که می گوید: "حوادث اتفاق نمی افتند، چیزی سبب آنها می شود". این روند در مورد شکست دارایی ها هم صادق است. دارایی ها به دو دلیل اصلی دچار شکست می شوند: طراحی ضعیف و خطای انسانی. قصور، بی توجهی و رفتار ما عوامل اصلی خطاهای انسانی هستند. مطالعات متعدد نشان داده است که بیش از ۷۰ درصد شکست ها به دلیل خطاهای انسانی، مانند بارگذاری بیش از حد، خطاهای عملیاتی، بی توجهی به نشانه های شکست و عدم تعمیر بموقع دارایی و نیز سطح مهارت [ناکافی] نیروی کار، رخ می دهد. معمولاً یک عامل انسانی پشت بیشتر شکست های دارایی ها وجود دارد. با توجه به اینکه بیشتر شکست ها علتی دارند و بطور مستقل اتفاق نمی افتند، امکان پیشگیری از آنها وجود دارد. اگر پژوهشی بین کارکنان عملیات و نگهداشت در مورد امکان دستیابی به شکست صفر انجام شود، پاسخ این خواهد بود که اگرچه شکست صفر بصورت تئوری قابل دستیابی می باشد، ولی در محیط کار واقعی غیرممکن است^{۷۸}. بله، رسیدن به شکست صفر سخت است، ولی محال نیست. اگر همه کارکنان علاقمند عملیات و نگهداشت شکست صفر را به عنوان هدف قرار دهند و با جدیت در راستای رسیدن به آن تلاش کنند، قابل دستیابی است. ولی باید همه افراد مرتبط، از مدیریت ارشد گرفته تا سرپرستان تا اپراتورها و تکنیسین های نگهداشت، به موضوع تعهد کامل داشته باشند. آنچه که باید انجام دهیم عبارت از پیاده سازی تعدادی روش های خوب و بهتر و همچنین تعهد کامل به دستورالعمل ها است.

کیفیت کار نگهداشت

همه کارهای نگهداشت مقداری ریسک دارند. در اینجا منظور از ریسک پتانسیل ایجاد عیوب گوناگون هنگام انجام فعالیت های نگهداشت است. به عبارت دیگر، خطاهای انسانی که هنگام فعالیت های PM، CBM و CM اتفاق می افتند، ممکن است در نهایت منجر به شکست های اضافه در دارایی ای شوند که عملیات نگهداشت روی آن انجام شده است.

به عنوان نمونه، بررسی داده های نیروگاه های برق از نظر تناوب و مدت زمان قطع برق اجباری پس از یک قطع برق برنامه ریزی شده برای نگهداشت، نشان دهنده این ریسک می باشد. تحلیل این اطلاعات

۷۸ برای مطالعه بیشتر در مورد مبحث شکست صفر می توانید کتاب "استراتژی های حذف خرابی های اضطراری (خرابی صفر)"، نوشته تری وایرمن با ترجمه میثم زمانیان و بهزاد غلامزاده را مطالعه کنید (مترجم).

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

نشان می دهد که در ۵۵٪ موارد، قطع برق برنامه ریزی نشده برای تعمیرات، در اثر خطاهایی ایجاد شده است که هنگام یک نگهداشت بوجود آمده اند. در بیشتر اوقات، این شکست ها بلافاصله پس از انجام نگهداشت اتفاق می افتند. خطاها و خرابی های زیر ممکن است هنگام انجام PM ها و سایر کارهای نگهداشت اتفاق بیفتند.

خرابی در تجهیزاتی که اخیراً فعالیت PM روی آن انجام شده است، می تواند شامل موارد زیر باشد:

- خرابی در زمان انجام بازرسی، تعمیر، تنظیم یا تعویض قطعه یدکی.
- نصب قطعات معیوب
- نصب نادرست قطعات تعویضی یا نصب دوباره قطعات پیشین، ولی به شیوه نادرست
- خرابی زود هنگام در اثر نصب قطعات جدیدی که آزمایش نشده اند
- خرابی در اثر خطا هنگام نصب مجدد تجهیز در محل اولیه آن
- خرابی یک تجهیز یا قطعه هنگام انجام فعالیت نگهداشت روی تجهیز یا قطعه مجاور آن

یک برنامه نگهداشت کیفی به کارکنان نگهداشت آموزش دیده و با انگیزه نیاز دارد. اقدامات زیر برای داشتن کارکنان با کیفیت عالی و با انگیزه پیشنهاد می شوند:

- الف. آموزش راهکارهای برتر و رویه های نگهداشت برای نگهداشت دارایی های خاص.
- ب. تأمین ابزار مناسب برای انجام اثربخش فعالیت ها.
- پ. درگیر کردن کارکنان نگهداشت در انجام FMEA و RCA/RCFA و همچنین در توسعه رویه های نگهداشت.
- ت. پیگیری جهت تضمین عملکرد کیفی و نشان دادن اهمیت کار با کیفیت برای مدیریت، به همگان.
- ث. اطلاع رسانی عمومی هرگونه کاهش هزینه در اثر بهبود زمان در دسترس، که نتیجه روش های نگهداشت اثربخش بوده است.

۷.۳. ارزیابی و بهبود نگهداشت

شاخص های کلیدی عملکرد نگهداشت

اغلب گفته می شود که "هر چیزی که اندازه گیری شود، انجام می شود" و "اگر چیزی را اندازه گیری نکنیم، نمی توانیم آن را بهبود دهیم". KPI ها، که سنجه^{۷۹} هم نامیده می شوند، یک ابزار مدیریتی برای بهبود هستند که عملکرد را اندازه گیری کرده، به ما کمک می کنند تا اقدامات لازم برای بهبود را انجام

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

دهیم. ولی تأکید بیش از حد روی شاخص های عملکرد، یا استفاده از شاخص های اشتباه، رویکرد مناسبی نخواهد بود. شاخص های انتخاب شده نباید به راحتی قابل دستکاری – برای ایجاد "حس خوب" – باشند. معیارهای زیر برای انتخاب بهترین KPI یا سنجه پیشنهاد می شوند:

- باید رفتار صحیح را تشویق کنند
- باید دستکاری آنها سخت باشد
- باید اندازه گیری، جمع آوری اطلاعات و گزارش دهی آنها آسان باشد

تعدادی از شاخص های کلیدی نگهداشت، به همراه بهینه کاوی آنها، در شکل ۱.۳ فهرست شده اند:

شاخص	نمونه	کلاس جهانی
هزینه نگهداشت به درصد ارزش جایگزینی تجهیز (ERV) ^{۸۰}	۳ تا ۹ درصد	۲/۵ تا ۳/۵ درصد
ضایعات تولید – توقفات	۵ تا ۱۰ درصد	کمتر از ۱ درصد
فعالیت های واکنشی – CM زمان بندی نشده	۴۰ تا ۵۵ درصد	کمتر از ۱۰ درصد
نگهداشت برنامه ریزی شده	۴۰ تا ۷۰ درصد	۸۵ تا ۹۰ درصد
اضافه کاری	۱۰ تا ۲۰ درصد	کمتر از ۵ درصد
دوباره کاری – کیفیت نگهداشت	تقریباً ۱۰ درصد	کمتر از ۱ درصد

شکل ۱.۳. بهینه کاوی های نگهداشت

سایر سنجه های قابل بررسی، بسته به میزان بلوغ برنامه نگهداشت، عبارتند از:

- اثربخشی PM و CBM، یا تعداد ساعات کار اصلاحی که در نتیجه فعالیت های PM و CBM شناسایی شده است، تقسیم بر کل ساعات بازرسی های PM و CBM. فعالیت های PM و CBM باید بتوانند به ازای هر ساعت کار PM و CBM انجام شده، ۰/۵ تا ۲ ساعت کار اصلاحی شناسایی کنند؛ در غیر این صورت، تناوب یا پارامترهای وضعیت باید بازبینی و تنظیم مجدد شوند.
- پیوستگی زمان بندی PM و CBM. باید حداقل ۹۰٪ یا بیشتر باشد.
- درصدی از نیروی کار نگهداشت که برای بازرسی های PM و CBM اختصاص یافته است، باید بیشتر از ۵۰٪ باشد. قانون سرانگشتی این است که:

۸۰ ارزش جایگزینی تجهیز (Equipment Replacement Value) ارزشی است که باید برای تصاحب (خرید یا ساخت) یک تجهیز کاملاً مشابه پرداخت شود (مترجم).

- PM – بر حسب زمان: ۱۵ تا ۲۰ درصد
- CBM: ۳۰ تا ۴۰ درصد – توزیع این عدد می تواند بسته به نوع دارایی یا صنعت تغییر کند.

بهینه سازی فعالیت های نگهداشت

اثربخشی نگهداشت را می توان به دو طریق بهبود داد: بهینه سازی فعالیت های کاری نگهداشت (محتوای نگهداشت)، و اجرای اثربخش فعالیت ها از طریق بکارگیری همه ابزارهای در دسترس. فعالیت های نگهداشت – به عنوان نمونه، دستورالعمل های کاری PM و CBM و طرح های تعمیرات – باید همه آنچه را که لازم به انجام است، پوشش دهند. این فعالیت ها را می توان با ابزارها و تکنیک هایی مانند RCM, FMEA و فناوری های پیش بینانه بهینه سازی نمود. این ابزارها و تکنیک ها می توانند به بهینه سازی محتوای فعالیت های کاری کمک کنند.

پایه گذاری یک برنامه نگهداشت موفق

زمان بندی و اجرا کلیدهای یک برنامه نگهداشت موفق هستند. برنامه های نگهداشت باید با استفاده از سامانه های CMMS یا EAM خودکار شوند. علاوه بر این، باید یک فرآیند پایش ایجاد شود تا تطابق حداقل ۹۰٪ با زمان بندی و همچنین کیفیت کارهای انجام شده را تضمین کند. به علاوه، یک "برنامه نگهداشت زنده" ایجاد کنید که شامل عناصر کلیدی زیر باشد:

- پیوسته فرآیندها، رویه ها و فعالیت ها را، از نظر اجرایی بودن، اثربخشی و دوره تناوب آنها، بازبینی کرده، در صورت نیاز آنها را بهینه سازی نمایید. از افراد مناسب، هم در واحد عملیات و هم در نگهداشت، برای بازبینی استفاده کنید.
- رویه ها را استانداردسازی کنید و از سازگاری آنها با دارایی ها و قطعات مطمئن شوید.
- فعالیت های اجباری را شناسایی و اجرا کنید تا از تطابق با الزامات قانونی مطمئن شوید.
- از فناوری های پیش بینانه بطور مؤثر و بجا استفاده کنید.
- مطمئن شوید که دستورالعمل های کاری رویه های قفل کردن/برچسب زنی و همه الزامات ایمنی را پوشش می دهند.
- مطمئن شوید که کارکنان عملیات و نگهداشت اهمیت روش های PM را درک کرده، بازخورد مناسب را برای بهبود دستورالعمل ها و رویه های PM ارائه می دهند.

۸.۳. خلاصه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

نگهداشت از شکست یک دارایی یا آیتم پیشگیری کرده، پس از شکست آن را تعمیر می کند. ولی الگوی جدید نگهداشت، تضمین ظرفیت است، یعنی نگهداشت ظرفیت دارایی را در حد طراحی یا یک سطح قابل قبول تضمین می کند.

رویکردهای نگهداشت – روش ها را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود:

- نگهداشت بر مبنای وضعیت (CBM)
- نگهداشت پیشگیرانه (PM)
- نگهداشت مبتنی بر زمان (تقویمی) (TBM)
- نگهداشت بر مبنای کارکرد (RBM)⁸¹
- نگهداشت اپراتوری (OBM)
- نگهداشت پیش کنشی
- نگهداشت اصلاحی (CM)
- ✓ نگهداشت اصلاحی – برنامه ریزی و زمان بندی شده
- ✓ نگهداشت اصلاحی – تعمیرات اساسی / پروژه ها (برنامه ریزی و زمان بندی شده)
- ✓ نگهداشت اصلاحی – واکنشی (توقفات / اضطراری)

سامانه های مدیریت نگهداشت مکانیزه ابزارهای اصلی تصمیم سازی بر پایه اطلاعات برای مدیریت دارایی ها هستند. یک CMMS یا EAM از واحد نگهداشت پشتیبانی می کند تا مطمئن شود که دارایی ها و سامانه ها بطور کارآ عمل می کنند و همچنین زمان از کار افتادگی حداقل است. آنها به بهبود اثربخشی نگهداشت در هر سازمانی کمک می کنند.

در همه فعالیت های نگهداشت ریسک ایجاد عیوب گوناگون هنگام انجام فعالیت وجود دارد. به عبارت دیگر، خطاهایی که هنگام فعالیت های PM، CBM و CM اتفاق می افتند ممکن است سرانجام به شکست های اضافه ای در تجهیزاتی که نگهداشت روی آن انجام می شود، منجر شوند. یک برنامه نگهداشت کیفی نیاز به کارکنان نگهداشت آموزش دیده و باانگیزه دارد.

هنگام پیاده سازی راهکارهای برتر، انتخاب شاخص های عملکرد مناسب برای سنجش عملکرد نگهداشت مهم و حیاتی است. این شاخص ها باید رفتار درست را تشویق کنند؛ باید دستکاری آنها فقط برای رسیدن به یک "حس خوب" سخت باشد. درنهایت، جمع آوری و گزارش دهی آنها باید آسان باشد.

هزینه نگهداشت و قابلیت دسترسی را می توان با بهینه سازی فعالیت های کاری نگهداشت (محتوای نگهداشت) و اجرای اثربخش فعالیت ها از طریق استفاده از ابزارهای در دسترس، بهبود داد. فعالیت های نگهداشت مانند دستورالعمل های کاری PM/CBM و طرح های تعمیرات باید همه آنچه را که لازم است انجام شود، پوشش دهند. این فعالیت ها را می توان با استفاده از ابزارها و تکنیک هایی مانند RCM.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

FMEA، فناوری های پیش بینانه و شش سیگما بهینه سازی نمود. این ابزارها و تکنیک ها به بهینه سازی محتوای فعالیت های کاری کمک می کنند. اجرای فعالیت های نگهداشت را می توان با استفاده از ابزارها و تکنیک های دیگری مانند برنامه ریزی و زمان بندی هم بهینه کرد. این ابزارها و تکنیک ها می توانند به استفاده اثربخش از منابع نگهداشت کمک کنند.

۹.۳. پرسش های خودآزمایی

- پ ۱.۳. نگهداشت و نقش آن را تعریف کنید.
- پ ۲.۳. دسته بندی های گوناگون کارهای نگهداشت را نام ببرید.
- پ ۳.۳. اپراتورهای تجهیزات برای پشتیبانی از نگهداشت چه کاری می توانند انجام دهند؟
- پ ۴.۳. چرا سازمان باید از درگیر شدن اپراتورها در فرآیند نگهداشت پشتیبانی کند؟
- پ ۵.۳. چرا سازمان به یک CMMS نیاز دارد؟ تفاوت بین CMMS و EAM چیست؟
- پ ۶.۳. پنج سنج نگهداشت را نام ببرید و توضیح دهید که چرا مهم هستند.
- پ ۷.۳. پنج فناوری PdM را نام ببرید. توضیح دهید که چگونه می توانند به کاهش هزینه های نگهداشت کمک کنند.
- پ ۸.۳. نگهداشت پیش کنشی را تعریف کنید.
- پ ۹.۳. مزایای یک برنامه نگهداشت نظام مند چیست؟
- پ ۱۰.۳. سامانه CMMS/EAM چگونه می تواند به بهبود بهره وری نگهداشت کمک کند؟

۱۰.۳. منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Levitt, Joel, *Handbook of Maintenance Management*, Industrial Press, 1997.
2. Mitchell, John, *Physical Asset Management Handbook*, 4th Edition, Clarion Publishing, 2006.
3. Narayan, V., *Effective Maintenance Management*, Industrial Press, 2004.
4. Nyman, Don, *Maintenance Management training notes*, Seminars, 1994–96.
5. Bagadia, Kris, David Burger, et al., *Miscellaneous technical papers and reviews on CMMS/EAM*.
6. Plant Services, Maintenance Technology, and Reliabilityweb.com.

فصل ۴

مدیریت کار

برنامه ریزی و زمان بندی

"هدف بدون طرح و برنامه فقط یک آرزوست"
آنتوان دو سنت اگزوپری

- ۱.۴. مقدمه
- ۲.۴. واژگان و تعاریف کلیدی
- ۳.۴. گردش کار و نقش ها
- ۴.۴. طبقه بندی و اولویت بندی کار
- ۵.۴. فرآیند برنامه ریزی
- ۶.۴. فرآیند زمان بندی
- ۷.۴. بازگردانی ها و توقف های کلی
- ۸.۴. سنجش عملکرد
- ۹.۴. خلاصه
- ۱۰.۴. پرسش های خودآزمایی
- ۱۱.۴. منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل قادر به درک این موضوعات خواهید بود:

- فرآیند اصلی گردش کار
- نقش برنامه ریزها، زمان بندی کننده ها و دیگران در مدیریت کار
- طبقه بندی و اولویت بندی کار
- اهمیت مدیریت کار انباشته
- چرا برنامه ریزی لازم است
- فرآیند برنامه ریزی

- چرا زمان بندی لازم است
- فرآیند زمان بندی
- مدیریت بازگردانی

۱.۴. مقدمه

فعالیت های نگهداشت باید بصورت کاراً انجام شوند تا ظرفیت کارخانه با هزینه بهینه پایدار بماند. در فصل های پیشین، در مورد توسعه فعالیت های نگهداشت مناسب، به منظور حفظ دارایی های مان در شرایط عملیاتی، بحث کردیم. برای کاهش هزینه های کلی عملیات و نگهداشت، این فعالیت ها باید بصورت کاراً و اثربخش اجرا شوند. در اساس، این هدف با حذف یا حداقل کردن تأخیرات و زمان های انتظار اجتناب پذیر قابل دستیابی است.

خودتان را تصور کنید که در حال تعمیر نشی یک شیرآب یا ماشین ظرفشویی در خانه هستید. همسرتان بارها از شما خواسته است تا آن را تعمیر کنید. سرانجام شما وقت کافی برای انجام آن کار پیدا کرده اید. آیا می توانید به یاد بیاورید که چند بار برای آوردن ابزار با اندازه مناسب، واشر یا آب بند به گاراژ یا انبار رفته و برگشته اید؟ احتمالاً انجام این کار چهار ساعت یا بیشتر وقت شما را گرفته است.

دوباره تصور کنید که چند ماه بعد مشکل مشابهی اتفاق می افتد. این دفعه شما در دسترس نیستید و همسرتان با یک لوله کش تماس می گیرد. لوله کش می آید و مشکل را بررسی کرده، به ماشین خود مراجعه می کند، ابزار و قطعات مورد نیاز را آورده، مشکل را برطرف کرده، ۴۰ تا ۴۵ دقیقه بعد خانه شما را ترک می کند. آیا این موقعیت برای شما آشنا نیست؟ شاید اگر شما هم ابزار و قطعات مناسب، و همچنین دستورالعمل صحیح، را داشتید، این کار برای شما به جای ۴ ساعت، کمتر از ۲ ساعت طول می کشید. نکته همینجاست. برنامه ریزی درست کار، همراه با داشتن ابزار، قطعات و دستورالعمل های مناسب می تواند در زمان صرفه جویی کرده، مانع انجام فعالیت های بی فایده شود.

شکل ۱.۴ یک کار بدون برنامه ریزی (گاهی به آن "دوندگی" هم می گویند) و یک کار با برنامه ریزی مناسب را نشان می دهد. شکل ۱.۴-الف یک فعالیت بی نظم را نشان می دهد که به دفعات دچار وقفه و دوباره آغاز شده است که گواهی بر برنامه ریزی ناکافی است.



شکل ۱.۴-الف. نمونه کار بدون برنامه ریزی (دوندگی)



1 on-the-run

شکل ۱.۴- ب. کار برنامه ریزی شده

فعالیت برنامه ریزی

فعالیت کاری

شکل ۱.۴. تأثیر برنامه ریزی

مواجه شدن با وقفه های مکرر در کار می تواند در اثر عدم دسترسی به ابزار یا قطعات یا دستورالعمل های کاری مناسب باشد. شکل ۱.۴-ب کاری را نشان می دهد که از قبل به خوبی برنامه ریزی شده است و وقفه ای ندارد. کارهای برنامه ریزی و زمان بندی شده، در مقایسه با کارهای بدون برنامه ریزی، در زمان بسیار کمتری انجام می شوند.

متخصصان صنعت، سال های زیادی روی سطوح بهره وری پایین واحدهای نگهداشت در بسیاری از شرکت های سراسر جهان متمرکز بوده اند. نتایج چندین مطالعه و بررسی که در کنفرانس های اصلی نگهداشت و قابلیت اطمینان مانند IMC² و SMRP³ گزارش شده اند، نشان داده است که بهره وری کارکنان نگهداشت بین ۳۰ تا ۴۰٪، یا ۳ تا ۴ ساعت بهره وری میانگین در یک شیفت ۸ ساعته، متغیر است. بعضی ها به این زمان بهره ور، "زمان آچار"^۴ می گویند، که طی آن کارکنان فنی نگهداشت، به جای رفتن به انبار برای گرفتن ابزار مناسب، دریافت دستورالعمل های کاری غیرشفاف، منتظر شدن برای رسیدن سایر کارکنان یا آزاد شدن تجهیز توسط واحد عملیات و سایر فعالیت های غیرمفید، فقط عملیات تعمیر دارایی ها را انجام می دهند.

در حالت عمومی، هر ساعت کاری که برای برنامه ریزی سرمایه گذاری می شود، ۱ تا ۳ ساعت در زمان اجرای کار صرفه جویی می کند. آبراهام لینکلن گفته است "اگر هشت ساعت برای بریدن یک درخت وقت داشتیم، شش ساعت آن را صرف تیز کردن تبر می کردم."

البته مدیرانی هم وجود دارند که اظهار می کنند هیجان زده می شوند اگر بشنوند که کارکنان فنی نگهداشت آنها بیشتر اوقات بیکار نشسته اند تا خرابی اتفاق بیفتد. تصویر واحد نگهداشت نباید با آتش نشانی مقایسه شود، که هرچه آتش برای خاموش کردن کمتر باشد بهتر است. بهره وری واحد نگهداشت می تواند به روش های زیادی بیشتر شده، به جای آنکه مانند آتش نشانی به شرایط اضطراری واکنش نشان دهد، پیش کنشی شود. واحدهای نگهداشت باید فعالیت های نگهداشت پیشگیرانه و بر مبنای وضعیت انجام داده، در پروژه های بهبود فرایند مشارکت کرده، روی فعالیت های بهبود اساسی کار کنند. کارکنان نگهداشت می توانند مهارت های شان را بروز کنند، به دیگران آموزش دهند و به اپراتورها تعلیم

2 International Maintenance Conference

3 Society of Maintenance and Reliability Professionals

4 wrench time

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

دهند که از دارایی ها بطور صحیح استفاده کنند تا خطاها حداقل شوند. در اصل، برنامه ریزی و زمان بندی خوب از تأخیرات جلوگیری کرده، باعث حداقل شدن زمان انتظار، فعالیت های بی فایده و کارهای غیر بهره ور می شود.

برنامه ریزی و زمان بندی (P&S) یک رویکرد منظم است که هدف آن استفاده اثربخش از منابع نگهداشت و اجرای مؤثر فعالیت های نگهداشت، مانند PM/CBM و اصلاحی، است. این کار به روش زیر انجام می شود:

- تعریف و شفاف سازی کار صحیح
- اولویت بندی کار
- توسعه مراحل کار و گام های لازم برای تکمیل فعالیت
- مشخص کردن ابزار، مواد و مجموعه مهرت های مورد نیاز
- حصول اطمینان از در دسترس بودن مواد و دارایی ها طبق زمان بندی
- زمان بندی کار با توافق واحد تولید در مورد زمان بندی
- حصول اطمینان از مستند سازی کار تکمیل شده در CMMS

طرح کار^۵، کلید قابل تحویل فرآیند برنامه ریزی است. طرح کار همان محصولی است که می تواند بزرگ ترین منافع را در افزایش بهره وری ایجاد کند. در بعضی سازمان ها، یک نفر مسؤول برنامه ریزی و زمان بندی است. در سازمان های بزرگتر، این کارکدها معمولا جدا از هم هستند. برای تغییر از نگهداشت واکنشی به پیش کنشی، باید حداقل ۸۰٪ کار هفتگی برنامه ریزی شده باشد. تطابق با این زمان بندی هم باید حداقل ۹۰٪ باشد.

در این فصل، ما در این مورد بحث خواهیم کرد که فعالیت های برنامه ریزی و زمان بندی نگهداشت "چیسند و چگونه انجام می شوند" تا بتوان آنها را بصورت اثربخش اجرا کرد. همچنین تعدادی موضوعات مرتبط (گردش کار و نقش ها، دسته بندی کار و اولویت ها، بازگردانی ها و غیره) هم بررسی خواهند شد. در ادامه تعدادی از واژگان کلیدی مورد استفاده تعریف می شوند.

۲.۴. واژگان و تعاریف کلیدی

بازگردانی (بازیابی)^۶

5 work plan
6 Turnaround

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

توقف کامل^۷ برنامه ریزی شده تجهیز، خط تولید یا واحد فرآیندی به منظور نظافت، تعویض کاتالیست، تعمیرات و غیره، پس از یک دوره کارکرد طبیعی آن. مدت زمان آن معمولاً چند روز یا چند هفته است؛ بازگردانی عبارت است از زمان سپری شده بین توقف کامل واحد و قرار گرفتن مجدد آن در فرآیند تولید.

برنامه ریز^۸

یک نقش اختصاصی با کارکرد مشخص برنامه ریزی اقدامات و فعالیت های کاری.

برنامه ریزی^۹

فرآیند مشخص کردن منابع و روش مورد نیاز، شامل احتیاط های ایمنی، ابزار، مهارت ها و زمان لازم برای انجام کارآ و اثربخش کار نگهداشت. برنامه ریزی با زمان بندی تفاوت دارد. بطور خلاصه، برنامه ریزی چه چیز و چگونه را مشخص می کند، در حالی که زمان بندی چه کسی و چه زمانی را تعیین می نماید.

بسته لوازم دستور کار

مجموعه لوازم مورد نیاز برای هر دستور کار که به محل انجام کار منتقل شده است. این مرحله معمولاً در انبارک واحد نگهداشت انجام می شود. هر بسته لوازم با یک شماره یا برچسب مشخص می شود تا بتوان آن را به گروه نگهداشت مسؤول کار تحویل داد.

تطابق با زمان بندی

معیار تبعیت از زمان بندی است. با تقسیم تعداد کارهای زمان بندی شده (یا نفر ساعت های زمان بندی شده) ای که در بازه زمانی مشخص انجام شده اند بر زمان بندی تأیید شده روزانه/هفتگی محاسبه شده، به صورت درصد بیان می شود.

تطابق با زمان بندی نگهداشت پیشگیرانه

تعداد دستور کارهای PM (یا نفر ساعت) تکمیل شده، شامل PdM/CBM، تقسیم بر کل دستور کارهای PM (یا نفر ساعت) زمان بندی شده در یک بازه زمانی مشخص.

دستور کار (WO)^{۱۰}

7 shutdown

8 Planner

9 Planning

10 Work Order

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

سند کاغذی یا الکترونیکی که کار مورد نیاز روی یک دارایی را مشخص می کند. دستور کار یک سند کنترلی واحد است که کاری را که باید انجام شود بطور کامل مشخص می کند و شامل درخواست نگهداشت، مجور انجام و کدهای هزینه ای است.

زمان بندی^{۱۱}

فرآیند مشخص کردن اینکه کدام کار و توسط چه کسی انجام شود. مبنای این زمان بندی اولویت ها، منابع و قابلیت دسترسی دارایی ها است. فرآیند زمان بندی باید پیش از انجام کار اتفاق بیفتد. بطور خلاصه، زمان بندی مشخص می کند که فعالیت های کاری کی و توسط چه کسی انجام شوند.

زمان بندی کننده^{۱۲}

اشخاصی که زمان بندی های کارهای نگهداشت روزانه، هفتگی، ماهیانه و/یا چرخشی سالیانه را انجام می دهند. زمان بندی شامل کسی که کار را انجام خواهد داشت و زمانی است که آن کار انجام خواهد شد. زمان بندی با همکاری سرپرست فنی نگهداشت و واحد عملیات تهیه می شود.

سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه^{۱۳} / مدیریت دارایی های سازمان^{۱۴} (CMMS/EAM)

یک سامانه نرم افزاری که همه فعالیت های نگهداشت، مانند دستور کارهای نگهداشت، زمان بندی PM، لوازم یدکی، طرح های کاری و سوابق دارایی، را ثبت و ردیابی می کند. معمولاً با سامانه های پشتیبانی مانند کنترل موجودی، خرید، حسابداری و ساخت، یکپارچه شده، کنش های نگهداشت و انبارداری را کنترل می کند.

طرح کار^{۱۵}

مجموعه ای از اطلاعات و داده ها، گاهی بسته کاری هم نامیده می شود، که تحویل مجری کار می شود؛ شامل الزامات خاص آن کار، مانند توصیف گام به گام مراحل فعالیت ها، دستورالعمل های مخصوص کار، رویه ها / مجوزهای ایمنی، نقشه ها و ابزار مورد نیاز برای انجام اثربخش کار است.

فهرست مواد (BOM)^{۱۶}

11 Scheduling

12 Scheduler

13 Computerized Maintenance Management System

14 Enterprise Asset Management

15 Work Plan

16 Bill of Material

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

فهرستی از مواد لازم برای تکمیل یک کار نصب یا ساخت خاص. فهرست مواد می تواند فهرستی از موارد لازم برای پشتیبانی از عملیات و نگهداشت یک دارایی یا بخشی از دارایی هم باشد.

کار زمان بندی شده

کاری که از پیش مشخص شده شده و در یک برنامه زمان بندی ثبت شده باشد، به شکلی که می تواند براساس اهمیت آن به موقع انجام شود.

کار برنامه ریزی شده

کاری که از مسیر یک فرآیند رسمی برنامه ریزی عبور کرده است تا نیروی انسانی، مواد، ابزار، ترتیب کار، الزامات ایمنی و غیره را مشخص کند تا کار به شکل اثربخش انجام شود. این اطلاعات به یک طرح کاری پیوست می شود و پیش از آغاز کار، در مورد آن با کارکنان فنی تعامل می شود.

هماهنگ کننده ها

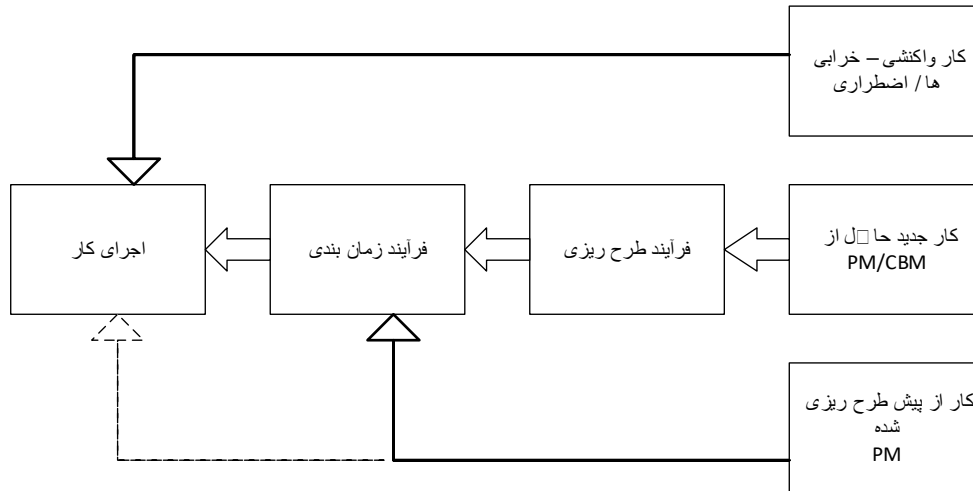
اشخاصی که به اجرای همه کارهای داخل یک تأسیسات، از جمله نگهداشت، سرکشی می کنند. آنها از طرف مالک دارایی یا فرآیند، مسؤول هستند تا اطمینان حاصل کنند که دارایی یا فرآیند برای انجام ایمن و مؤثر کارکردش در دسترس باشد و همچنین کارها را براساس الزامات عملیاتی اولویت بندی کنند.

۳.۴. گردش کار و نقش ها

شکل ۲.۴ یک فرآیند گردش کار نگهداشت ساده را نشان می دهد. سه مدل کار در آن وجود دارد:

- کار PM شامل CBM/PdM
- CM – کار جدید حاصل از اقدامات CBM / PM
- CM – کار اضطراری/خرابی (واکنشی)

کار نگهداشت پیشگیرانه (PM) باید از قبل برنامه ریزی شده باشد، بنابراین مستقیم به مرحله زمان بندی می رود. نگهداشت اصلاحی (CM) – کار اضطراری/خرابی – می تواند با حذف مرحله فرآیند برنامه ریزی، و گاهی براساس میزان اضطرار آن حتی با حذف مرحله زمان بندی، اجرا شود، که بستگی به این دارد که آیا زمان کافی برای برنامه ریزی کار وجود دارد یا نه. کار CM جدید که نتیجه فعالیت های PM است، شامل اقدامات CBM بوده، باید پیش از اجرا برنامه ریزی و زمان بندی شود.



شکل ۲.۴. فرآیند گردش کار ساده

شکل ۳.۴ گردش کار و بازیگران کلیدی فرآیند گردش کار نگهداشت را نشان می دهد. بازیگران کلیدی این فرآیند عبارتند از:

- هماهنگ کننده - دارایی / منابع
- برنامه ریز
- زمان بندی کننده
- متخصص پیکربندی / مهندس سیستم ها
- سرپرست تعمیرکاران
- انجام دهنده کار

علاوه بر این، سایر بازیگران مانند مهندسان نگهداشت / سیستم و کارکنان [واحد تأمین] مواد MRO نقش های پشتیبانی را در فرآیند گردش کار بر عهده دارند.

ابتداء، فعالیت کاری لازم یا درخواست شده، به هماهنگ کننده دارایی / منابع ارجاع می شود. این فرد نماینده مالک دارایی است و می تواند کارمند واحد نگهداشت یا عملیات باشد. هماهنگ کننده به اولویت بندی کار کمک کرده، وجود منابع لازم در بودجه بندی را تضمین کرده، در صورت نیاز، زمان بندی قطع فعالیت دارایی را انجام می دهد. هماهنگ کننده فعالیت کاری را، براساس اولویت آن و برنامه ریزی های

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

لازم برای انجام کار، به برنامه ریز، زمان بندی کننده یا بطور مستقیم به سرپرست فنی یا کارکنان نگهداشت ارجاع می دهد. به عنوان نمونه، کار PM، که باید از قبل برنامه ریزی شده باشد، باید بطور مستقیم به زمان بندی کننده نگهداشت ارجاع شود. هماهنگ کننده می تواند با مهندس نگهداشت یا کارکنان مدیریت پیکربندی بطور مستقیم در ارتباط بوده، از کمک فنی آنها استفاده نماید.

شکل ۳.۴. گردش کار به همراه نقش ها

با ارجاع دستور کار (WO) از یک مرحله به مرحله دیگر، حالت دستور کار، با توجه به آنچه که روی آن انجام شده است، تغییر داده می شود. شکل ۴.۴ یک فهرست پیشنهادی از کدهای حالت دستور کار را ارائه می دهد. بعلاوه، نوع کار، آنگونه که در شکل ۵.۴ پیشنهاد شده است، توسط هماهنگ کننده یا برنامه ریز/زمان بندی کننده مشخص می شود. یک روش خوب، کد بندی کردن دستور کارهاست تا تحلیل آنها برای بهبودهای آتی ساده تر شود. در بخش بعدی بیشتر در مورد طبقه بندی دستور کار صحبت خواهد شد.

برنامه ریزهای نگهداشت، کار را برنامه ریزی کرده، یک طرح یا بسته کاری ایجاد می کنند که شامل این موارد است: چه کاری لازم است انجام شود؛ چگونه انجام خواهد شد؛ چه مواد، ابزار یا تجهیزات خاصی مورد نیاز است؛ زمان تخمینی و مهارت های مورد نیاز. برنامه ریزها باید موادی را که تأمین آنها زمان بر است مشخص کرده، با همکاری کارکنان انبارها و خرید، از آماده شدن بموقع آنها مطمئن شوند. شاید لازم باشد برنامه ریزها با مهندسان نگهداشت / سیستم ها و سرپرستان اجرایی نیز همکاری کنند تا با دریافت پشتیبانی فنی، طرح کاری قابل اجرا و با جزئیات فنی کافی تهیه کنند.

زمان بندی کننده های نگهداشت – با همکاری سرپرست اجرایی، هماهنگ کننده و سایر کارکنان پشتیبانی – طرح های اجرایی نگهداشت هفتگی، ماهیانه و سالیانه چرخشی را تهیه می کنند. تمرکز آنها بیشتر روی زمان انجام کار است تا منابع در دسترس را برای انجام کار بهینه سازی کنند.

کدهای حالت دستور کار

مسئول	توصیف	کد
کنترل کننده	انتظار برای بازبینی توسط کنترل کننده. این یک کد حالت پیش فرض است	WC
کنترل کننده / برنامه ریز	انتظار برای مهندسی	WE
کنترل کننده / برنامه ریز	در مرحله بازبینی فرآیند برنامه ریزی	P
برنامه ریز	انتظار برای برنامه ریزی	PW
برنامه ریز	در حال برنامه ریزی – برنامه ریزی شده	PI
برنامه ریز / زمان بندی کننده	انتظار برای تهیه مواد – باید درخواست خرید (PO) صادر شود	MP
برنامه ریز / زمان بندی کننده	انتظار برای تهیه مواد – مواد از فروشنده دریافت خواهد شد	MR
زمان بندی کننده	در فرآیند زمان بندی	S
زمان بندی کننده	آماده برای زمان بندی شدن – انتظار برای "پنجره از کار افتادگی" ^{۱۸}	SD
زمان بندی کننده	زمان بندی شده – هفتگی / ماهیانه	SI
زمان بندی کننده	کار/دستور کار تکمیل شده	CP
برنامه ریز / مهندسی	کار/دستور کار تکمیل شده، در انتظار بازبینی مدارک	CW
برنامه ریز / مهندسی	کار/دستور کار تکمیل شده، انتقال به تاریخچه (سوابق) دارایی	CH

شکل ۴.۴. کدهای حالت دستور کار

کدهای دسته بندی نوع کار

نوع کار	کد الفبایی	کد عددی
شکست / خرابی: هنگامی که یک دارایی یا بخشی از آن در اثر شکست یا شکست قریب الوقوعی که به نگهداشت نیاز دارد، دچار از کار افتادگی می شود.	F	۱
نگهداشت پیشگیرانه (PM): بازرسی دارایی ها برای یافتن مشکلات. شامل تنظیمات جزئی و تعویض قطعات مصرفی هم می شود. همچنین شامل روش های CBM و جمع آوری اطلاعات نیز هست.	P	۲
تعمیرات اصلاحی: تعمیرات اصلاحی که در نتیجه یافته های PM/CBM انجام می شوند.	W	۳
کار پروژه ای بهبود سرمایه ای: کارهای اساسی برای بهبود نگهداشت که بصورت پروژه های سرمایه ای انجام می شوند.	WP	۴

17 Purchase Order
18 downtime window

۵ O سایر کارهای متفرقه که برای بهبود ایمنی، تطابق با الزامات قانونی یا نیازمندی های عملیاتی لازم هستند.
شکل ۵.۴. کدهای دسته بندی نوع کار

سرپرستان فنی زمان بندی هفتگی را دریافت کرده، افراد انجام دهنده کار را بطور روزانه مشخص می کنند. علاوه، آنها طرح های کاری را هم، از نقطه نظر اجرایی، بازبینی کرده، تغییرات لازم در طرح های کاری را به برنامه ریز و زمان بندی کننده پیشنهاد می دهند. همچنین آنها وظیفه دارند مطمئن شوند که کار با بالاترین کیفیت انجام شده، جزئیات کار تکمیل شده بطور مناسبی در سامانه مستند می شود. شکل ۶.۴ یک فرآیند گردش کار را با اجرای کلیدی آن نشان می دهد؛ این تصویر شامل مثالی از یک گزارش بهره وری بر مبنای ساعت های تأخیر گزارش شده نیز هست.

شکل ۶.۴. فرآیند گردش کار

۴.۴. طبقه بندی و اولویت بندی کار

طبقه بندی فعالیت های کاری نگهداشت

فعالیت های کاری نگهداشت را می توان در دو دسته اصلی طبقه بندی نمود: پیشگیرانه و اصلاحی.

نگهداشت پیشگیرانه (PM)

- نگهداشت بر مبنای زمان (تقویم)، وابسته به عمر (TBM)^{۱۹}
- نگهداشت بر مبنای کارکرد، وابسته به مصرف (RBM)^{۲۰}
- نگهداشت بر مبنای وضعیت، وابسته به سلامت (CBM یا پیش بینانه)
- نگهداشت اپراتوری^{۲۱}، وابسته به عملیات (OBM) یا نت خودگردان^{۲۲}، یکی از ستون های (TPM)

نگهداشت اصلاحی (CM)

- کار روزمره CM در نتیجه PM ها: برنامه ریزی و زمان بندی شده

19 Time-Based Maintenance
20 Run-Based Maintenance
21 Operator-Based Maintenance
22 autonomous maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- تعمیرات/پروژه های اساسی CM: برنامه ریزی و زمان بندی شده
- CM واکنشی: برنامه ریزی نشده/زمان بندی نشده (با نام مستعار خرابی/اضطراری)

نگهداشت پیشگیرانه (PM)

نگهداشت پیشگیرانه به مجموعه ای از کنش ها اشاره دارد که طبق زمان بندی روی یک دارایی انجام می شوند. زمان بندی می تواند بر مبنای تقویم یا وابسته به کارکرد دستگاه باشد (یعنی ساعت کارکرد یا تعداد چرخه های کارکرد دستگاه). این کنش ها برای شناسایی، توقف یا کاهش زوال^{۲۳} یک سامانه و اجزای آن طراحی می شوند. کنش PM شامل تمیزکاری، تنظیم، روانکاری و همچنین تعویض قطعات جزیی است تا عمر دارایی و تأسیسات را افزایش دهد. هدف رویکرد نگهداشت پیشگیرانه حداقل کردن زوال سامانه و اجزای آن و در نتیجه حفظ یا افزایش عمر مفید دارایی است. نباید به دارایی های تأسیسات تان اجازه دهید تا نقطه از کار افتادگی کار کنند، مگر اینکه استراتژی کارکرد تا شکست^{۲۴} برای آن دارایی خاص اتخاذ شده باشد. کار PM را می توان به چهار دسته زیر طبقه بندی نمود:

نگهداشت پیشگیرانه – بر مبنای تقویم

نگهداشت پیشگیرانه بر مبنای تقویم (TBM) براساس زمان تقویمی انجام می شود. کارکنان نگهداشت، در دوره های زمانی ثابت، مثلاً هر سه یا شش ماه، از تجهیز بازدیدهای دوره ای انجام می دهند. اگرچه PM بر مبنای تقویم بهتر از این است که هیچ PM ای انجام نشود، ولی روش بهینه ای برای اجرای برنامه های PM نیست. ممکن است زمان بسیار زیادی صرف یک دارایی شود. بازدیدهای بیشماری از دارایی ها انجام شود، بدون "هیچ داده – کشف وضعیت غیرعادی" و به عنوان اتلاف هزینه نگهداشت تصور گردد. در این صورت، باید دوره زمانی PM ارزیابی و تنظیم مجدد شود. با این وجود، PM های بر مبنای زمان، برای دارایی هایی که زمان بندی عملیاتی ثابتی مانند ۲۴/۷ یا ۸۰ ساعت در هفته دارند، رویکرد خوبی است.

نگهداشت پیشگیرانه – بر مبنای کارکرد

نگهداشت پیشگیرانه بر مبنای کارکرد (RBM) یک مرحله بالاتر از نگهداشت بر مبنای تقویم است. در این نگهداشت، PM ها بر مبنای چرخه ها یا ساعت کارکرد دارایی انجام می شوند. بطور ذاتی، رویکردی منطقی است. اگر یک دارایی استفاده نشده است، لازم نیست که مکرراً کنترل شود. بطور عام، برای بعضی از حالت های شکست، کارکرد واقعی دارایی باعث خرابی آن می شود. بنابراین منطقی است اگر

^{۲۳}degradation

^{۲۴}run-to-failure

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

دارایی زمانی کنترل شود که به مقدار مشخصی کار کرده باشد. حتی شاید لازم باشد که دارایی تنظیم [مجدد] شود یا بعضی قطعات آن تعویض گردند.

نگهداشت پیشگیرانه - بر مبنای وضعیت

نگهداشت پیشگیرانه بر مبنای وضعیت (CBM)، که نگهداشت پیش بینانه (PdM) هم نامیده می شود، عبارت است از تلاش برای ارزیابی وضعیت یک دارایی با پایش دوره ای یا پیوسته آن. این رویکرد یک مرحله بالاتر از نگهداشت بر مبنای کارکرد است. هدف نهایی CBM انجام نگهداشت در یک زمان بندی مشخص و هنگامی که کنش نگهداشت از نظر هزینه در اثربخش ترین شرایط ممکن و پیش از شکست دارایی در حین کار باشد. بخش "پیش بینانه" ریشه در هدف پایش بینی روند آتی وضعیت دارایی دارد. این رویکرد از اصول کنترل فرآیند آماری و تحلیل روند^{۲۰} برای مشخص کردن نقطه ای در آینده استفاده می کند که اقدامات نگهداشت مناسب و از نظر هزینه اثربخش خواهد بود.

نگهداشت پیشگیرانه - اپراتوری

نگهداشت پیشگیرانه اپراتوری (OBM) از این واقعیت استفاده می کند که اپراتورها اغلب در خط مقدم دفاع در برابر از کار افتادگی برنامه ریزی نشده دارایی ها قرار دارند. کنش OBM فرض می کند اپراتورهایی که در تماس روزانه با دارایی ها هستند، می توانند از دانش و مهارت های شان برای پایش بینی و پیشگیری از خرابی ها و سایر اتلافات استفاده کنند. واژه OBM مترادف نت خودگردان است، که یکی از ستون های اصلی نت بهره ور فراگیر (TPM) است. کنش TPM یک فلسفه نگهداشت ژاپنی است که اپراتورها را درگیر انجام بعضی از فعالیت های اولیه نگهداشت می کند. اپراتورها مهارت های نگهداشت مورد نیازشان را، از طریق برنامه های آموزشی، می آموزند و آن مهارت ها را بصورت روزانه در طول عملیات بکار می گیرند.

نگهداشت اصلاحی (CM)

نگهداشت اصلاحی، که گاهی تعمیر هم نامیده می شود، برای اصلاح عیوبی انجام می شود که طی ارزیابی های PM و CBM شناسایی شده اند؛ این فعالیت، پس از اینکه دارایی دچار شکست یا توقف کار شد، آن را به شرایط کاری خوب بازمی گرداند. فعالیت CM کنشی است که از نتیجه شرایط مشاهده یا اندازه گیری شده یک دارایی، پیش یا پس از شکست کارکردی آن، سرچشمه می گیرد. کار CM را می توان به سه دسته زیر طبقه بندی نمود:

نگهداشت اصلاحی - زمان بندی شده

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

نگهداشت اصلاحی زمان بندی شده یک فعالیت تعمیراتی است که برای کاهش احتمال شکست بالقوه دارایی یا اصلاح عیوب شناسایی شده طی فعالیت های PM و CBM انجام می شود. این کنش، دارایی را به ظرفیت طراحی آن یا یک سطح قابل قبول برنامه ریزی شده برمی گرداند. این کار باید برنامه ریزی و زمان بندی شده باشد.

نگهداشت اصلاحی – تعمیرات/پروژه های اساسی (برنامه ریزی و زمان بندی شده)

در بسیاری از سازمان ها، همه تعمیرات اساسی یا کارهای بهبودی که ارزش مالی آنها از حد معینی بیشتر باشد – مانند اورهال ها و پروژه های بازگردانی – به دلیل اهداف مالیاتی، به عنوان پروژه های سرمایه ای در نظر گرفته می شوند. اگر این پروژه ها برای بازگرداندن دارایی به ظرفیت طراحی، و نه افزودن به قابلیت های آن، انجام شوند، باید به عنوان نگهداشت اصلاحی در نظر گرفته شوند. در آن حالت، باید برنامه ریزی و زمان بندی شوند.

نگهداشت اصلاحی – واکنشی (زمان بندی نشده) یا از کار افتادگی ها / اضطراری

نگهداشت اصلاحی واکنشی (زمان بندی نشده) اصولاً عبارت است از تعمیر دارایی ها پس از آنکه دچار شکست شدند. این کار به عنوان تعمیر خرابی یا شکست هم شناخته می شود. بیشتر اوقات، تکمیل این کار با برنامه زمان بندی دوره ای هفتگی تداخل پیدا می کند. هزینه های کار زمان بندی نشده خیلی بیشتر از کار برنامه ریزی و زمان بندی شده است.

بعضی از متخصصان، نگهداشت را در این دسته ها طبقه بندی می کنند: PM، CBM/PdM، کار پیش کنشی حاصل از PM و CBM/PdM و CM – واکنشی (از کار افتادگی ها / اضطراری). تا زمانی که سامانه های مدیریت نگهداشت می توانند داده ها را در قالب مناسب تهیه کنند تا به ما در تصمیم گیری درست کمک نمایند، واقعاً مهم نیست که روش های نگهداشت را چگونه طبقه بندی می کنیم. هدف ما کاهش خرابی های اضطراری و سپس تنظیم یا افزایش کار PM و CBM است.

گاهی سعی می کنیم تا انواع گوناگون کارهای نگهداشت را با هم مخلوط کنیم. در بعضی سازمان ها، از کار افتادگی ها نگهداشت فوری^{۲۶} نامیده می شوند، ولی می توان آنها را تا ۴۸ ساعت آینده انجام داد. بعضی کارهای عادی، که گاهی کار روزمره (روتین) هم نامیده می شوند، می توانند در ۵ تا ۷ روز آینده انجام شوند. این مثال ها نوع کار نیستند، بلکه فقط روشی هستند که ما آنها را نام گذاری می کنیم و به آنها پاسخ می دهیم.

گاهی تصمیمی که گرفته می شود این است که هیچ اقدامی نشود یا هیچ تلاشی برای حفظ دارایی به شکلی که سازنده اصلی آن (OEM) قصد داشته است، انجام نشود. بنابراین، برنامه بدون PM برای آن

26 urgent maintenance

27 Original Equipment Manufacturer

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

دارایی خاص پیاده می شود. این استراتژی نگهداشت، که کارکرد تا شکست (RTF) نامیده می شود، فقط باید پس از تحلیل ریسک آن برای کسب و کار و مشخص شدن اثربخشی هزینه ای آن اعمال شود. در واقعیت، این نباید شکست یا کار واکنشی در نظر گرفته شود، چرا که ما براساس ارزیابی اقتصادی از پیش تصمیم گرفته ایم که هیچ PM یا CBM ای انجام ندهیم.

همه کارها - فعالیت های نگهداشت، آنگونه که پیشتر توضیح داده شد، باید در سامانه CMMS/EAM مستند و طبقه بندی شوند و سپس منابع بهینه سازی شوند تا همه فعالیت های کاری براساس سامانه اولویت دهی سازمان، اولویت بندی شده، سپس اجرا شوند. هر سازمانی باید یک سامانه اولویت دهی فعالیت های کاری برای خود پایه گذاری کند.

اولویت کار

کدهای اولویت امکان رتبه بندی دستور کارها را به منظور انجام آنها براساس اهمیت، فراهم می کند. سازمان ها بسیار زیادی از مزایای یک سامانه اولویت بندی که بطور شفاف تعریف شده باشد، غفلت می کنند. انضباط سازمانی که از طریق ارتباطات، آموزش و پشتیبانی مدیریت بدست آمده است، کلید استفاده درست از کدهای اولویت بندی است. بسیاری از سازمان ها بیشتر از یک سامانه اولویت بندی دارند؛ ولی بیشتر آنها غیر اثربخش هستند. اشکالات عدم تعریف شفاف اولویت ها شامل موارد زیر است:

- اتلاف نفر-ساعت نگهداشت روی فعالیت هایی که اهمیت نسبی پایینی دارند
- فعالیت های مهم در میان کارهای انباشته نگهداشت گم می شوند
- مشتری (واحد عملیات) ناراضی است
- عدم اعتقاد به اثربخشی کارکردهای نگهداشت

یک اسلوب منظم برای اولویت بندی باعث می شود کارها از روی حدس و گمان انجام نشوند و در عوض، اجازه می دهد که کارها به ترتیب اثر واقعی آنها روی عملیات کلی کارخانه انجام شوند. همچنین باعث خواهد شد که کارکرد نگهداشت به شکل بسیار اثربخش تری اجرا شود.

خطوط راهنمای سیستم اولویت بندی

این سیستم باید الزامات فعالیت های زیر را به طور مساوی برآورده کرده، یک روش فراگیر برای کددهی همه دستور کارها فراهم کند.

- اولویت بندی دارایی ها در کل کارخانه، که امکان استفاده بهتر از منابع در کل کارخانه را فراهم می کند

- الزامات عملیات
- پروژه های بهبود

اولویت بندی دقیق شامل دو فرآیند تصمیم سازی مجزا است، که عبارتند از:

- اهمیت دارایی
- تأثیر فعالیت یا کاری که باید انجام شود روی عملیات کلی کارخانه

اولویت اصلی دستور کارها باید توسط صادر کننده آنها تعیین شده، هماهنگ کننده آن را کنترل کند. صادر کننده دستور کار، شایسته ترین فرد برای ارزیابی اولیه اهمیت دارایی و تأثیر کار [بر عملیات کلی کارخانه] است. تهیه فهرستی از دارایی های عمده و اهمیت (حساسیت) آنها، به فرآیند تصمیم سازی برای اولویت بندی نهایی کمک خواهد کرد. آنگاه موارد یا موضوعات با اهمیت کمتر آسان تر قابل تشخیص خواهند بود. معیارهای زیر را می توان برای مشخص کردن اهمیت دارایی و تأثیر کار (اگر اصلاح نشود) و همچنین ارزیابی هدفمند اولویت کلی کار استفاده نمود.

اهمیت دارایی^{۲۸}

توصیف عددی اهمیت

۵	موارد مهم از نظر ایمنی و تجهیزات حفاظتی
۴	مهم برای تولید پیوسته محصول اصلی
۳	سامانه کمکی (پشتیبانی) برای فرآیند تولیدی اصلی
۲	واحد جانشین (کشیک) ^{۲۹} در یک سامانه مهم
۱	سایر دارایی های فرعی

اثر کار، اگر اصلاح نشود

توصیف عددی اثر کار

۵	خطر آنی برای ایمنی افراد و/یا کارخانه
۴	محدود شدن توانایی عملیات برای برآورده کردن اهداف اصلی آن
۳	ایجاد شرایط پرخطر برای افراد یا ماشین آلات، هرچند خطر آنی نباشد
۲	بعد از مدتی، نه بلافاصله، روی عملیات اثر خواهد گذاشت

28 Asset Criticality
29 stand-by

اولویت کار = اهمیت دارایی × اثر کار

به عنوان نمونه:

دستور کار شماره ۱:

اهمیت دارایی ۵ و اثر کار ۴: اولویت کلی کار ۲۰.

دستور کار شماره ۲:

اهمیت دارایی ۴ و اثر کار ۴: اولویت کلی کار ۱۶.

در این مثال، دستور کار شماره ۱ اولویت بالاتری از دستور کار شماره ۲ خواهد داشت. ترکیب اهمیت و اثر کار را می توان با دادن وزن نسبی به هر فعالیت در مقایسه با سایر کارها قیاس نمود.

مدیریت کارهای انباشته

ترکیب دسته بندی کار و اولویت بندی آن به سازمان امکان می دهد که مقدار کار انباشته نگهداشت را کنترل کند. در یک تعریف ساده، کار انباشته نگهداشت، آن دسته از فعالیت های ضروری نگهداشت برای تعمیر یا پیشگیری از شکست می باشد که هنوز تکمیل نشده است. با طبقه بندی این فعالیت های نگهداشت به دسته های گوناگون و سپس اولویت بندی آنها در این دسته ها، می توان کارهای انباشته نگهداشت را از درون چشم انداز جامع سازمان یا از گروه ها و دسته بندی های سازمانی کوچکتر (مانند PM و CM) استخراج نمود.

اصلا چرا باید کارهای انباشته تان را مدیریت کنید؟ چرا صرفا هر فعالیت نگهداشتی را که پیش می آید، انجام نمی دهید؟ هر قدر که یک سازمان بیشتر به سوی نگهداشت پیش کنشی حرکت کند، احتمال بیشتری دارد که، حداقل در ابتدای کار، فعالیت های نگهداشت بیشتری را شناسایی کند که لازم باشد بلافاصله و در اولین زمان ممکن (مثلا همین هفته) انجام شوند. بنابراین، برای اجتناب از به دست گرفتن فعالیت ها یا کارهای با اولویت پایین، که تأثیر زیادی روی قابلیت اطمینان کلی سازمان نخواهند داشت، باید سامانه مدیریت کارهای انباشته توسعه داده شود. برای دستیابی به اثربخش ترین رویکرد برای سامانه مدیریت کارهای انباشته، باید دسته بندی و اولویت بندی کارها به شکل مناسب انجام شوند.

۵.۴. فرآیند برنامه ریزی

"برنامه ریزی ضعیف منجر به عملکرد ضعیف می شود"
نویسنده: ناشناخته، ولی یک انسان خردمند

اصول برنامه ریزی

برنامه ریزی مشخص می کند که چه کاری و چگونه انجام خواهد شد. زمان بندی مشخص می کند که آن کار چه زمانی و توسط چه کسی تکمیل خواهد شد. برنامه ریزی و زمان بندی، برای اثربخش بودن، به یکدیگر وابسته هستند. ولی برنامه ریزی گام نخست است. هدف نهایی فرآیند برنامه ریزی مشخص و آماده کردن ابزار و منابع لازم برای انجام بموقع و مؤثر کار و ارائه آنها به تکنیسین فنی نگهداشت است. به عبارت دیگر، برنامه ریزی همه آنچه را که کارکنان فنی نگهداشت برای تکمیل مؤثر کار نیاز دارند، در اختیار آنها می گذارد.

بسیاری از مهندسان و مدیران نگهداشت تصور می کنند که برنامه ریزی چیزی بیشتر از برآورد و زمان بندی کار نیست. این تصور درستی نیست. برنامه ریزی عامل توانمندساز کلیدی برای کاهش اتلاف ها و زمان های غیرمفید (غیر بهره ور) بوده، باعث بهبود بهره وری نیروی کار نگهداشت می شود. امروزه بسیاری از سازمان ها فرآیند برنامه ریزی را به عنوان یک کارکرد مهم در نظر می گیرند.

ولی آنها متوجه شده اند که برنامه ریزی مناسب کار آسانی نیست. انجام درست آن زمان بر است. ممکن است زمان لازم برای برنامه ریزی مناسب یک کار، قابل توجه باشد، ولی نرخ بازگشت بالایی خواهد داشت. مطالعات فراوانی، از جمله توسط داک پالمر^{۳۰}، نویسنده شناخته شده هندبوک برنامه ریزی و زمان بندی نگهداشت^{۳۱}، و همچنین تجربیات شخصی نویسنده، نشان داده است که برنامه ریزی مناسب می تواند ۱ تا ۳ برابر منابع اجرای کار را صرفه جویی کند. اگر یک کار نگهداشت تکرارپذیر باشد، برنامه ریزی مناسب آن ضروری است، چرا که نرخ بازگشت خیلی بیشتری خواهد داشت.

کارگاه نگهداشت AB را در نظر بگیرید که بیشتر کارها در آن به صورت واکنشی انجام می شود. این کارگاه برنامه ریز یا زمان بندی کننده ندارد. در آن:

- کارکنان فنی نگهداشت: ۲۰ نفر
- برنامه ریز/ زمان بندی کننده: ۰ نفر
- سرپرست: ۱ نفر
- زمان آچار تخمینی = ۳۰٪

کار بهره ور در دسترس تخمینی (یا انجام شده) در کارگاه AB در هفته

$$= ۲۰ \text{ نفر} \times ۴۰ \text{ ساعت/هفته} \times ۰/۳$$

$$= ۲۴۰ \text{ نفر-ساعت/هفته}$$

حال، کارگاه نگهداشت XY را در نظر بگیرید که فرهنگ پیش کنشی و زمان آچار ۵۵٪ دارد. در این کارگاه:

- کارکنان فنی نگهداشت: ۱۸ نفر
- برنامه ریز/ زمان بندی کننده: ۲ نفر
- سرپرست: ۱ نفر
- زمان آچار تخمینی = ۵۵٪

کار بهره ور در دسترس تخمینی (یا انجام شده) در کارگاه XY در هفته

$$= ۱۸ \text{ نفر} \times ۴۰ \text{ ساعت/هفته} \times ۵۵\%$$

$$= ۳۹۶ \text{ نفر-ساعت/هفته}$$

کارگاه XY نسبت به کارگاه AB می تواند ۱۵۶ ساعت (۳۹۶-۲۴۰) کار اضافه را با نفرات کمتر انجام دهد. این مقدار کار اضافه معادل ۶۵٪ افزایش منابع یا ۱۳ نفر تکنیسین بیشتر است.

ولی همانگونه که قبلا هم ذکر شد، برنامه ریزی [مناسب] به چیزی بیشتر از صرفا تغییر کارکنان از کارکرد تعمیراتی به کارکرد برنامه ریز/ زمان بندی کننده نیاز دارد. آنها باید مهارت ها و تجربه لازم برای درک انواع گوناگون کارهای نگهداشت و جزئیات مختلفی که برای یک فعالیت خاص باید سازمان دهی و یکپارچه سازی شوند (مهارت ها و منابع، گام ها و رویه ها، قطعات و ابزار) را داشته باشند.

درک کار

کاری که انجام می شود باید بطور کامل درک شده باشد. اگر دامنه کار به وضوح تعریف نشده باشد، برنامه ریز نگهداشت باید با درخواست کننده صحبت کند، از محل کار بازدید کند و گام ها، رویه ها، مشخصات فنی و ابزار مورد نیاز برای انجام درست کار را مشخص نماید. اگر کار خیلی بزرگ یا پیچیده باشد، شاید بهتر باشد که به زیر فعالیت های کوچک تر شکسته شود تا برآورد و برنامه ریزی آن آسان تر باشد.

منابع مورد نیاز و سطوح مهارتی

سطح مهارت افراد مورد نیاز برای انجام کار و مدت زمان تخمینی آن باید مشخص شود. ممکن است کار به یک تکنیسین خیلی ماهر و یکی یا بیشتر نیروی فنی با سطح مهارتی پایین تا متوسط نیاز داشته باشد. خیلی وقت ها، متخصصان نگهداشت اعتقاد دارند که تخمین زمان لازم برای انجام یک کار خاص مشکل است، بویژه اگر مهارت های کارکنان نگهداشت، در یک سطح دستمزدی و موقعیت سازمانی یکسان، از خیلی پایین تا خیلی بالا متفاوت باشد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

بنابراین، برنامه ریزها باید آگاهی خوبی از قابلیت های نیروی کار و محیط داشته باشند. مهارت نیروی کار نگهداشت و درک و آگاهی اصولی از وظیفه آنها و دارایی های کارخانه، سطح جزئیات لازم در گام ها و دستورالعمل های کاری مورد نیاز در فرآیند برنامه ریزی را مشخص می کند. ممکن است نیروی کار خیلی ماهر به دستورالعمل هایی با جزئیات ریز نیاز نداشته باشد. اگر کارها به بخش های کوچک تر شکسته شوند، تخمین کار می تواند ساده تر و دقیق تر شود. تخمین کلی کارهای طولانی و پیچیده سخت است. می توان از پایگاه داده استانداردهای کار یا بهینه کاوی های استاندارد برای تخمین کارها استفاده نمود. یک روش خوب این است که برای کارهای خاصی مانند خارج کردن/نصب موتورها در محدوده های توان ۵HP-۵۰ و ۱۰۰HP-۵۰۰، تعویض کفشک های ترمز جرثقیل سقفی یا لیفتراک یا همراستاسازی یک واحد پمپ-موتور، کتابخانه استانداردهای کار ایجاد کرد. روش هایی مانند زمان های حرکت از پیش تعیین شده، مطالعات زمانی و مشابه آنها را می توان برای توسعه تخمین های خوب استفاده نمود، البته به شرط آنکه طبیعت این فعالیت ها تکرارپذیر باشد. تخمین باید شامل محتوای کار، زمان سفر (جابجایی) و زمان استراحت باشد.

موارد زیر برای تخمین های خوب ضروری هستند:

- آشنایی با کارها و دارایی های کارخانه
- مقایسه کارها با بهینه کاوی ها
- هوشیار بودن هنگام استفاده از داده های سوابق، چرا که ممکن است آنها شامل تأخیرهای درونی هم باشند.
- تلاش نکنید که ۱۰۰٪ دقیق باشید

یک روش خوب این است که برنامه ریزی کننده خودش قبلا تکنیسین ارشد یا سرپرست فنی بوده باشد که تجربه عملی تخمین کار داشته باشد.

گام ها و رویه ها

گام ها و رویه ها باید دارای مشخصات فنی کامل باشند تا کیفیت بالای کار تضمین شود. دستورالعمل های پیاده کردن (باز کردن) و سوار کردن (نصب کردن) یک بخش پیچیده باید شفاف بوده، همراه با کروکی و نقشه های مورد نیاز باشند. آنها باید شامل مراحل برای قرائت و ثبت داده هایی مانند لقی های مجاز بیرینگ یا دماهای مرتبط هم باشند. خطای انسانی بیش از هر نوع خطای دیگری در سازمان باعث شکست دارایی ها می شود.

قطعات و ابزار

مصالح، شامل قطعات و لیست های لوازم، باید مشخص شوند تا پیش از زمان بندی کار، قطعات در محل کار آماده شوند. ابزار خاص هم باید مشخص شوند تا کار بدون تأخیر انجام شود. به عنوان نمونه، آیا نفر نگهداشت برای سفت کردن پیچ ها به جای آچار بکس به آچار گشتاور^{۳۲} نیاز خواهد داشت؟ بعلاوه، آچار گشتاور ارزشی نخواهد داشت، اگر مقدار گشتاور نامشخص باشد. اگر نفر نگهداشت اطلاعات کافی نداشته باشد، ممکن است تعمیر یا سرویس منجر به شکست های جدید شود. هدف کاهش احتمال خطا، در اثر استفاده از قطعه اشتباه یا توقف کار توسط تعمیرکار برای پیدا کردن ابزار مناسب، است. الگوی یک کار برنامه ریزی شده در شکل ۷.۴ نشان داده شده است.

یک روش خوب، داشتن چک لیست برنامه ریزی است تا آماده سازی و هماهنگی همه گام ها و مستندات تضمین شود. شکل ۸.۴ نمونه ای از یک چک لیست برنامه ریزی را نشان می دهد.

نشانه های برنامه ریزی غیر اثربخش

تعدادی از نشانه های برنامه ریزی غیر اثربخش عبارتند از:

- کارکنان نگهداشت، هنگام عملیات اجرایی، منتظر رسیدن قطعات هستند
- دوباره کاری زیاد
- عملکرد ضعیف
- کمبود موجودی فراوان در انبار
- از برنامه ریزها برای تسریع در رسیدن قطعات (پیگیری تهیه قطعات) استفاده می شود
- کارکنان نگهداشت به محل انجام کار می رسند و منتظر توقف یا خاموشی دارایی/سامانه می مانند (انتظار بیش از ۱۵ دقیقه طول می کشد)
- مراجعه مکرر به انبار توسط کارکنان نگهداشت
- از کار افتادگی تولید همواره بیشتر از مقدار تخمین زده شده است

بالا بردن قابلیت های برنامه ریزی

قابلیت های برنامه ریزی را می توان با تضمین کردن موارد زیر افزایش داد:

- همکاری کارکنان و نقش ها. فرآیند برنامه ریزی و زمان بندی را به همهمه ذی نفعان، از مدیر کارخانه گرفته تا تکنیسین نگهداشت، آموزش دهید تا مطمئن شوید که همه بازیگران از نقش خود آگاهی کامل دارند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- شاید برنامه ریزها برای توسعه طرح های کاری اثربخش به کمک اضافه نیاز داشته باشند. توصیه می شود که یک تکنیسین ارشد نگهداشت روزی چند ساعت به برنامه ریزها کمک کند. این کار باعث تهیه طرح های کاری بهتری می شود. استفاده چرخشی از دیگر کارکنان، مانند سرپرستان فنی و کارکنان فنی ارشد، در کارهای پشتیبانی برنامه ریزی هم یک روش خوب است. این کار به آنها کمک می کند که بتوانند اهمیت برنامه ریزی و چگونگی کارکرد آن را درک نمایند.
 - برنامه ریزهای نگهداشت باید کتابخانه ای از اطلاعاتی شامل کتابچه های راهنمای تجهیزات، نقشه ها، مشخصات فنی، کتابچه های اختصاصی سازندگان تجهیزات و مانند آنها داشته باشند.
 - برنامه ریزها نباید وظایف اضافه ای مانند سرپرست موقت یا جانشین یا نماینده ایمنی و محیط زیست داشته باشند. برنامه ریز منشی یا کارمند دفتری نیست.
- به علاوه، برنامه ریزها نباید مسؤول تهیه لوازم مورد نیاز جهت اصلاح خرابی ها یا مشکلات باشند. مسؤولیت آنها این است که مطمئن شوند که کارهای آینده به خوبی برنامه ریزی شده است و به شکل اثربخشی انجام می شود. درگیر نشدن در تهیه قطعات همچنین تضمین می کند که آنها درگیر عملیات و موارد نگهداشتی روزمره نمی شوند.
- برنامه ریزها باید تجربه فنی و عملی به عنوان یک تکنیسین نگهداشت داشته باشند.
 - بسته کاری برنامه ریزی شده باید پیش از زمان بندی، از نظر قابل انجام بودن، توسط یک سرپرست فنی بررسی شود.

الگوی نمونه برای برنامه ریزی یک کار نگهداشت (مثال)

تعوّض یک موتور الکتریکی (۱۰ HP)	الزامات دستور کار:
۲ ساعت زمان، ۴ نفر ساعت (۲ نفر × ۲ ساعت)	زمان استاندارد کار:
تکنیسین چندمهارته یا برقکار	نوع مهارت:
موتور الکتریکی به شماره کالای ۱۱۱۱۱	قطعات لازم:
محل 22-11-XX	

قطعات اختیاری:

(این قطعات در ابتدا لازم نیستند، ولی اگر خراب باشند لازم خواهند شد)

قطعه شماره ۲۲۲۲، کوپلینگ انعطاف پذیر، محل 11-00-YY

قطعه شماره ۳۳۱۱، پیچهای کوپلینگ، قفسه آزاد کارگاه

ندارد

ابزار خاص:

رویه:

- گام ۱: قفل کردن/برچسب زدن (برای جزئیات، رویه پیوست را ببینید).
- گام ۲: قطع برق موتور، شماره گذاری کابل ها.
- گام ۳: باز کردن پیچ های کوپلینگ، بازرسی کوپلینگ و خارج کردن پیچ های موتور.
- گام ۴: خارج کردن موتور با استفاده از جرثقیل بازویی موجود.
- گام ۵: نصب موتور جدید (کنترل کردن چرخش آزاد موتور).
- گام ۶: بستن پیچ های پایه موتور و تست پایه ضعیف^{۳۳} - ثبت و تصحیح اشکالات یافت شده
- گام ۷: نصب کوپلینگ، بستن پیچ های موتور (اعمال گشتاور بستن برابر xx ft.lbs) و همراستاسازی آنها با استفاده از ساعت اندیکاتور یا لیزر، در محدوده قابل قبول $\pm 0.0xxx$ (استاندارد سازمانی).
- گام ۸: باز کردن تابلوی قفل کردن/برچسب زدن.
- گام ۹: سربندی کردن موتور و کنترل درست بودن جهت چرخش.
- گام ۱۰: راه اندازی آزمایشی.
- گام ۱۱: تمیز کردن محل کار و بازگرداندن تجهیز به کار.
- گام ۱۲: بستن دستور کار در CMMS به همراه جزئیات کارهای انجام شده.

شکل ۷.۴. الگوی نمونه کار برنامه ریزی شده

چک لیست برنامه ریز

تاریخ بروز رسانی چک لیست:				
شماره دستور کار:				
کارشناس مهندسی:				
نظرات	وضعیت	لازم است		چک لیست برنامه ریز
		خیر	بله	
				نیازمند برنامه ریزی توصیف کار بازدید از محل سوابق کارهای پیشین الزامات بازگشت تجهیز به کار

33 soft foot

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

				ترتیب انجام طرح کار نفرات مورد نیاز برنامه زمانی نفرات / گانت چارت نقشه های تأیید شده مجوز حفاری الزامات محیط زیستی درخواست قطع برق تجهیز داربست بندی ابزار خاص لیفتراک / ماشین آلات جرتقیل تحلیل ایمنی کار – موارد ایمنی شناخته شده: آزیست، رنگ سرب دار، تری کلر اتیلن، طرح بلند کردن بار، مجوزهای کار، مجوزهای مواد اشتعال پذیر، مجوز فضاهای بسته و غیره بازبینی جوشکاری قفل کردن/برچسب زدن (LOTO) فهرست مواد و وضعیت آنها بازبینی طرح – فنی / مهندسی مستندات متفرقه شماره درخواست کار تاریخچه کار
				چک لیست زمان بندی کننده / هماهنگ کننده
				شماره درخواست کار بازبینی بسته انجام کار آماده سازی مواد در محل انجام کار

شکل ۸.۴. یک نمونه چک لیست برنامه ریز

۶.۴. فرآیند زمان بندی

شناخت اصول زمان بندی

زمان بندی تضمین می کند که منابع - کارکنان، مواد و دارایی هایی لازم برای انجام کار - در زمان و مکان مشخص جهت انجام نگهداشت در دسترس خواهند بود. زمان بندی فعالیت مشترکی بین واحدهای نگهداشت و عملیات است که نگهداشت موافقت می کند منابع لازم را در زمان مشخصی فراهم کند که دارایی می تواند توسط واحد عملیات به منظور انجام فعالیت نگهداشت در دسترس قرار گیرد. کارها باید به شکلی زمان بندی شوند که حداقل تأثیر را روی عملیات عادی کارخانه داشته باشند.

پس از اینکه کار برنامه ریزی شد، وضعیت آن به "آماده زمان بندی" تغییر می کند. اکنون کار برای شخص زمان بندی کننده ارسال می شود و او با همکاری سرپرستان عملیات و نگهداشت، برنامه زمان بندی را به شکلی آماده می کند که الزامات عملیات، قابلیت دسترسی و ظرفیت منابع نگهداشت را بهینه کند. سازمان ها از استراتژی های متفاوتی برای طرح های زمان بندی استفاده می کنند. به عنوان نمونه، بعضی از آنها از زمان بندی های ماهیانه، هفتگی و روزانه و بعضی دیگر فقط از زمان بندی هفتگی استفاده می کنند. سازمان های زیادی هم از زمان بندی های چرخشی سه ماهه و سالیانه بهره می برند. زمان بندی سالیانه معمولاً بالاترین سطح زمان بندی است و باید توقف های عمده و طرح های بازگردانی (بازیابی) هم در آن لحاظ شوند. شکل ۹.۴ مثال هایی از ساختار زمان بندی یکپارچه یک سازمان را نشان می دهد.

وظیفه افراد مسؤول زمان بندی، مشخص کردن تاریخ انجام درخواست ها است. بعضی کارها باید مجدداً اولویت بندی شوند تا به مشکلات حادث زودتر رسیدگی شود. پس از آن، بخش عمده زمان در دسترس باقی مانده در جدول زمان بندی به کارهایی اختصاص می یابد که بر مبنای اولویت مدیریت یا سایر معیارهای با اهمیت انتخاب شده اند. فعالیت های نگهداشت پیشگیرانه باید بالاترین اولویت را داشته باشند؛ این فعالیت ها باید بگونه ای زمان بندی شوند که در زمان مقرر انجام شوند.

پس از اینکه کاری در برنامه زمان بندی قرار گرفت، باید فهرست مواد و مصالح لازم برای آن به انبار MRO ارسال شود تا لوازم مورد نیاز آماده شده، پیش از فرا رسیدن زمان انجام به پای کار حمل گردد. در بسیاری از سازمان ها، سیستم CMM/EAM این فرآیند را به صورت خودکار انجام می دهد. علاوه بر این، بسته کاری مربوط به فعالیت، در دسترس گروه مجری قرار خواهد گرفت. با فرا رسیدن زمان انجام کار، همه آنچه که برای انجام کار نیاز است، در دسترس کارکنان نگهداشت خواهد بود:

۱. مجوز انجام کار

۲. تجهیز توسط واحد عملیات آزاد شده، آماده انجام فعالیت نگهداشت است

الف. آماده برای اقدامات قفل زنی^{۳۴} و برچسب زدن^{۳۵}

ب. سیستم، در صورت لزوم، قبلاً شستشو یا تمیز شده است

۳. مصالح / قطعات در دسترس هستند: شامل ابزارآلات خاص و امکانات جابجایی تجهیز

۴. کارکنان نگهداشت مناسب با پیش بینی های ایمنی و تجهیزات حفاظت فردی متناسب، در محل کار حاضر هستند

وقتی که کارکنان نگهداشت به محل کار می رسند، هیچ چیزی نباید باعث تأخیر در انجام کارشان شود. آنها پیش از شروع فقط باید مجوزهای انجام کار را تکمیل کرده، تجهیز را مطابق دستورالعمل های خودشان قفل کنند. در حالت ایده آل، کار باید بدون هیچ مانعی انجام شود؛ ولی معمولاً موارد پیش بینی نشده ای وجود خواهد داشت. فرد برنامه ریز / زمان بندی کننده باید در دسترس باشد و به پرسش های مربوط به کار پاسخ دهد تا سرپرست اجرا از کیفیت آن مطمئن گردد.

داک پالمر^{۳۶}، یک نویسنده برجسته در حوزه برنامه ریزی و زمان بندی نگهداشت، شش اصل اساسی را برای زمان بندی مطرح کرده است:

۱. طرح های کاری باید تعداد افراد مورد نیاز، حداقل سطح مهارت لازم، نفر-ساعت هر مهارت و مدت زمان انجام کار را مشخص کند. این اطلاعات برای یک زمان بندی اثربخش ضروری هستند.

۲. زمان بندی های هفتگی و روزانه باید پیوستگی بسیار زیادی داشته باشند. دستور کارهای جدید باید به دقت اولویت بندی شوند تا باعث ایجاد وقفه بی مورد در زمان بندی های هفتگی و روزانه نشوند.

۳. مسؤول زمان بندی، برای هر کدام از کارکنان یک برنامه هفتگی تهیه می کند. این برنامه بر مبنای نفر-ساعت موجود، پیش بینی مهارت های مورد نیاز، اولویت های کاری و اطلاعات حاصل از طرح های کاری تهیه می شود.

برای تهیه این برنامه باید به فعالیت های متعددی که روی یک تجهیز انجام می شوند و همچنین فعالیت های پیش کنشی و واکنشی موجود دقت شود.

۴. برنامه زمان بندی هفتگی، کارهایی را مشخص می کند که باید در هر ساعت کاری هفته انجام شوند. این برنامه باید شامل مقدار زیادی از فعالیت هایی باشد که بتوان آنها را به آسانی متوقف نمود. بدین صورت، امکان زمان بندی آنی کارهای اضطراری و با اولویت بالا هم فراهم می شود. برای انجام این کارها، اجرای فعالیت های کم اولویت تر متوقف می شود.

۵. سرپرست اجرایی، هر روز برنامه کاری روز بعد را آماده می کند. آماده سازی این برنامه بر مبنای شرایط فعلی پیشرفت کارها، برنامه زمان بندی هفتگی و همچنین کارهای واکنشی با اولویت بالا انجام می شود. سرپرست اجرایی مهارت های کارکنان را با فعالیت ها تطبیق می دهد. سرپرست

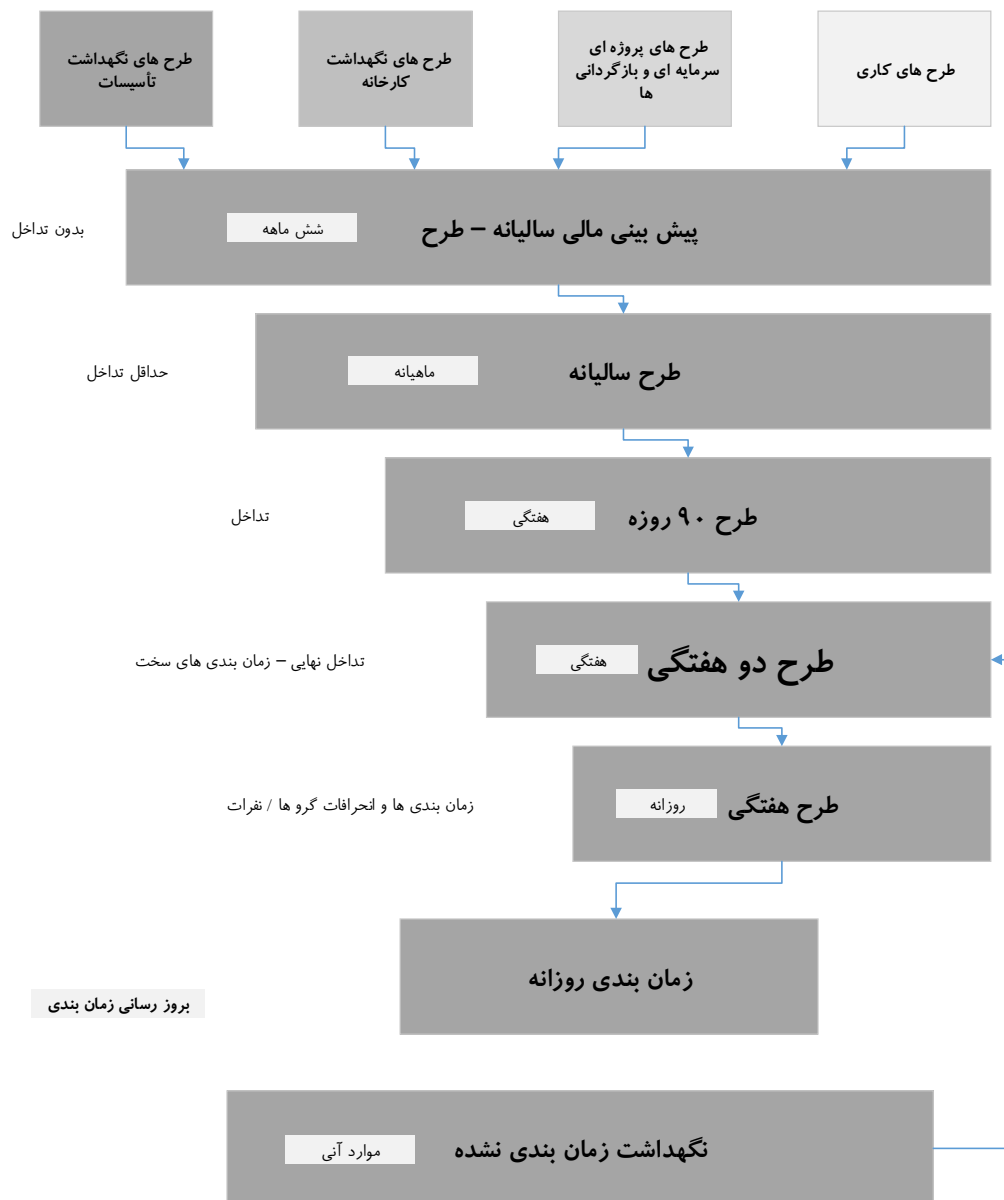
نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

اجرا کارها و مشکلات روز جاری را مدیریت می کند. او حتی می تواند برای حل مشکلات اضطراری، برنامه زمان بندی کل روز را هم تغییر دهد.

۴. زمان آچار به دستی، معیار اصلی سنجش کارآیی نیروی کار و اثربخشی سیستم برنامه ریزی و زمان بندی است. اگر کار پیش از اجرا برنامه ریزی شده باشد، تأخیرهای غیر ضروری حین انجام کار و همچنین بین کارهای مختلف کاهش می یابند.

میزان تطابق با زمان بندی، معیار سنجش رعایت برنامه زمان بندی هفتگی و اثربخشی آن است.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی



شکل ۹.۴. طرح زمان بندی یکپارچه

۷.۴. بازگردانی ها^{۳۷} و توقف های کلی^{۳۸}

یک از کار افتادگی عمده که "همین الان اتفاق افتاد" می تواند برای یک کارخانه فاجعه بار باشد. یک توقف کلی برنامه ریزی شده می تواند به سازمان نگهداشت این فرصت را اعطا کند که مشکلات بالقوه اصلی را بموقع شناسایی و آنها را برطرف کند و ایمنی و کارایی کارخانه را بهبود بخشد. معمولاً یک سیستم یا فرآیند تا زمانی متوقف می ماند که کار مشخص شده تکمیل شود. سپس سیستم یا فرآیند مجدداً راه اندازی می شود. مثال هایی از این نوع کار عبارتند از: پوشش دهی مجدد یک کوره، تعمیر اساسی و ارتقای یک سیستم، تعویض پره های توربین یا کمپرسور، تمیزکاری و ارتقای یک رآکتور شیمیایی یا تعویض مخازن فرآیندی. در یک تأسیسات تولیدی، یک پروژه بازگردانی معمولاً شامل ترکیب های مختلفی از پروژه های سرمایه گذاری، پروژه های نگهداشت یا تعمیرات اساسی و فعالیت های نگهداشتی مانند PM ها یا فعالیت های نگهداشت اصلاحی است که باید در زمان خارج از سرویس بودن کارخانه انجام شوند.

همه صنایع اصلی فلزات سنگین و صنایع فرآیندی – کارخانجات فولاد، پالایشگاه ها، پتروشیمی ها، نیروگاه ها، صنایع خمیر و کاغذ و مانند آنها – شکلی از پروژه های نگهداشت اختصاصی خودشان را دارند. به این پروژه ها بازگردانی، توقف کلی نگهداشت، توقف برنامه ریزی شده، یا فقط پروژه های تعمیرات نگهداشت گفته می شود.

بازگردانی	پروژه سرمایه ای	
دامنه	به خوبی تعریف شده و نقشه های استاتیک آماده است	بطور کامل تعریف نشده است، پویا – تغییرات پس از بازرسی محتمل است
برنامه ریزی و زمان بندی	می تواند از پیش به خوبی برنامه ریزی و زمان بندی شود	تا زمانی که دامنه کار تأیید نشود، برنامه ریزی و زمان بندی نهایی نمی شود
مجوزهای ایمنی	ثابت، در دوره های زمانی هفتگی یا ماهیانه	به دلیل نوسانات و تغییرات دامنه کار، باید در هر شیفت یا بطور روزانه صادر شود
تأمین نیروی انسانی	ثابت، معمولاً خیلی تغییر نمی کند	متغیر – به دلیل نوسانات دامنه کار، در طول اجرا تغییرات زیادی دارد
به روز رسانی برنامه زمان بندی	هفتگی یا دوماهه	هر شیفت یا روزانه

شکل ۷.۴.۱۰. مقایسه پروژه های سرمایه ای و نگهداشت بازگردانی

توقف های کلی به دلیل فعالیت های نگهداشت برنامه ریزی شده و سرمایه گذاری های بزرگ، بر هزینه ترین و زمان بر ترین پروژه های نگهداشت هستند. چون هم باعث از دست رفتن تولید می شوند و هم اینکه خود بازگردانی پروژه گران قیمت و بر هزینه ای است. این پروژه ها از نظر منابع مورد استفاده می توانند بسیار پیچیده باشند. با افزایش پیچیدگی، هزینه آنها هم افزایش یافته، مدیریت آنها مشکلتر می شود. توقف های کلی زمان بندی شده معمولاً از نظر زمانی کوتاه بوده، فشرده و فشار کاری بالایی دارند. ممکن است هزینه ای که فقط در چند هفته برای یک پروژه بازگردانی صرف می شود، برابر بودجه سالانه نگهداشت باشد. همچنین بیشترین درصد روزهای توقف تولید سالانه معمولاً به این پروژه ها اختصاص می یابد. کنترل هزینه ها و مدت زمان بازگردانی همواره یک چالش است.

توقف کلی همیشه اثرات مالی منفی دارد. این اثرات منفی مربوط به از دست رفتن درآمد حاصل از تولید و همچنین هزینه های سنگین عملیات بازگردانی هستند. ولی جنبه مثبت آن به این اندازه آشکار نیست و اغلب دیده نمی شود؛ اثرات مثبت عملیات بازگردانی عبارتند از افزایش قابلیت اطمینان دارایی، یکپارچگی پیوسته تولید، سرمایه گذاری در زیرساخت ها و کاهش ریسک توقف های برنامه ریزی نشده یا شکست های فاجعه بار.

مدیریت دامنه کار یکی از مهمترین چالش های یک بازگردانی است. دامنه تغییر می کند و گاهی مقدار این تغییر آنقدر چشمگیر است که روی زمان بندی اثر می گذارد. دامنه کار عموماً بر مبنای اطلاعات حاصل از پارامترهای عملیاتی، سرمایه گذاری ها، اقدامات نگهداشت پیشگیرانه و ابزارآلات پیشبینانه تهیه می شود. گاهی تا یک دارایی یا سیستم باز و بازرسی نشود، ما درک درستی از دامنه کار نداریم. پس از اینکه یک دارایی باز، تمیز و بازرسی شد، می توان وسعت تعمیرات مورد نیاز را مشخص و آن را برنامه ریزی نمود.

تفاوت های عمده ای بین نگهداشت بازگردانی و پروژه های سرمایه ای وجود دارد. در پروژه های سرمایه ای دامنه کار به خوبی تعریف می شود؛ ولی در بازگردانی ها، دامنه کار پویا است و تغییرات زیادی دارد. تفاوت های عمده بین پروژه های سرمایه ای و بازگردانی ها در شکل ۱۰.۴ فهرست شده است.

تعیین کردن و انتصاب یک نفر به عنوان برنامه ریز بازگردانی، شش یا هشت ماه پیش از شروع کار، یک روش خوب است. برنامه ریز به تعیین دامنه کار کمک کرده، دامنه را با منابع منطبق کرده، آمادگی های لازم برای انجام بازگردانی را تضمین می نماید. بطور مشابه، تعیین و انتصاب یک نفر به عنوان مدیر بازگردانی، سه تا چهار ماه پیش از شروع کار، یک روش خوب است. مدیر بازگردانی باید اختیار لازم را برای رهبری تلاش های بازگردانی تا دستیابی به نتیجه مطلوب داشته باشد. در بعضی سازمان ها، بلافاصله پس از پایان آخرین بازگردانی، مدیران و برنامه ریزان جدیدی برای بازگردانی بعدی منصوب می شوند تا فرآیند برنامه ریزی بازگردانی بعدی را آغاز کنند. سپس درس های آموخته شده از آخرین بازگردانی به گروه برنامه ریزی و اجرایی بازگردانی بعدی منتقل می شود.

در ادامه چک لیست وظایف پیشنهادی یک مدیر بازگردانی معرفی می شود:

- پیش نویس اولیه دامنه کار و منابع مورد نیاز را مشخص می کند. تعیین کنید که چه کسی مسؤولیت برنامه ریزی، زمان بندی و نظارت بر اجرای کار را بر عهده خواهد داشت.
- دامنه کار را نهایی می کند – با همکاری بازیگران کلیدی، دامنه کار را به سرعت مشخص می کند. دامنه کار را حداقل چهار هفته پیش از آغاز بازگردانی قطعی می کند. البته این زمان به اندازه و میزان پیچیدگی بازگردانی وابستگی خواهد داشت. قطعا در هنگام اجرا تغییراتی اتفاق خواهد افتاد. مدیر بازگردانی وظیفه تطبیق کار با تغییرات بوجود آمده را بر عهده دارد. کارهای اضافه ای که خیلی فراتر از پیش بینی های اولیه باشند، به بازنگری در دامنه کار و دریافت مجوز از ذی نفعان نیاز خواهند داشت.
- برنامه ریزی کار – کار را برنامه ریزی می کند و بسته های عملیاتی را با همکاری برنامه ریزها و نیروهای فنی ای که با کار یا محیط کار آشنایی دارند تهیه می نماید.
- مطمئن می شود که طرح ها و برنامه های کاری از نقطه نظر اجرایی توسط سرپرست های اجرایی مربوطه بررسی شده باشند.
- مطمئن می شود که همه نقشه ها، دستورالعمل های تعمیراتی و لوازم مورد نیاز مشخص و بروزرسانی شده اند. همچنین در دسترس بودن و اعتبارسنجی آنها را تأیید می کند. علاوه بر این کنترل می کند که لوازم و مصالح در مکان های مناسب انبارش شده باشند.
- کنترل می کند که همه ابزارآلات خاص و ماشین آلات جابجایی های سنگین (مانند لیفتراک و جرثقیل های متحرک با ظرفیت مناسب) هماهنگ شده، در تاریخ برنامه ریزی شده در محل کار آماده باشند. همچنین مطمئن می شود که طرح های باربرداری^{۳۹}، ظرفیت تجهیزات و شرایط خدمات، پیش از تاریخ زمان بندی شده، تأیید شده باشند.
- زمان بندی کار – کارهای بزرگ را به فعالیت های کوچکتر تقسیم کرده، سپس آنها را بر مبنای منابع موجود و مدت زمان توقف کلی زمان بندی می کند. کارها را بگونه ای زمان بندی می کند که در مدتی برابر ۹۰٪ زمان تأیید شده تکمیل شوند. ۱۰٪ زمان باقیمانده را برای کارهای احتمالی پیش بینی نشده خالی می گذارد.
- فعالیت های "مسیر بحرانی"^{۴۰} را مشخص می کند. اینها فعالیت هایی هستند که می توانند روی کلیت زمان بندی پروژه تأثیر بگذارند و باید به آنها توجه ویژه ای داشت.
- مطمئن می شود که همه مواد و مصالح، ابزارآلات، جرثقیل ها و غیره هماهنگ شده باشند تا حداقل یک روز پیش از شروع توقف کلی به محل کار منتقل شوند.
- مطمئن می شود که همه مجوزهای لازم اخذ شده و برنامه های قفل کردن/برچسب زدن آماده باشند تا شرایط کاری ایمن و کاراً طبق برنامه زمان بندی فراهم باشد.
- یک سیستم ارتباطی ایجاد می کند. کار چگونه انجام می شود؟ هنگام مواجهه با مشکلات و انجام اقدامات اصلاحی، این اطلاعات چگونه منتقل می شود و بازخوردها چگونه در زمان مناسب در اختیار

قرار می گیرد؟ برای فعالیت های بزرگ و مهم، ارتباطات در هر شیفت ضروری است. باید بگونه ای هماهنگ شود تا دیدارهای رودرروی روزانه ای بین مدیران، برنامه ریزها و مسؤولان زمان بندی وجود داشته باشد تا عملیات اجرایی زمان بندی شود. همچنین جلسات هفتگی برای بررسی پیشرفت کار و تغییرات احتمالی، در صورت لزوم، هماهنگ شود. برنامه زمان بندی باید بگونه ای باشد که در عین اینکه اهداف کلی را برآورده می کند، انعطاف پذیری لازم را برای ایجاد تغییرات جزئی داشته باشد.

- جلسه رودرروی با همه بازیگران کلیدی، شامل کارکنان عملیات، برگزار می کند تا اهداف و برنامه زمان بندی توقف کلی را به بحث بگذارد. مطمئن می شود که آنها هزینه مسؤولیت های خود و اثر تأخیرات احتمالی را درک می کنند. روی ایمنی و کیفیت کار تأکید می کند. این جلسه باید چند روز پیش از آغاز توقف کلی برگزار شود. کارکنان عملیات باید حداقل در جلسات بازبینی هفتگی مشارکت داده شوند.

- در نخستین روز توقف کلی، مطمئن می شود که همه اقدامات ایمنی در فرآیند توقف تولید انجام می شوند و کارکنان از تجهیزات حفاظت فردی مناسب استفاده می کنند. همه فرآیندهای قفل کردن و برچسب زدن باید بطور کامل انجام شوند.

موارد زیر باید مورد توجه ویژه قرار بگیرند و اقدامات اصلاحی مناسب در مورد آنها برنامه ریزی شود:

- **ایجاد موانع:** باید ورود و حضور افراد در نواحی محصور که جرثقیل سقفی، برق ولتاژ بالا، رادیوگرافی و مواد خطرناک وجود دارند، محدود شود. مطمئن شوید که تابلوها و نشانه های ایمنی مناسب در نواحی لازم نصب شده باشند.

- **مدیریت کنترل گرد و غبار:** یک توقف کلی بزرگ، می تواند منبع گرد و غبار اضافه هم باشد. گرد و غبار اضافه می تواند به محلی که کار در آن انجام می شود یا به نوع فعالیت بستگی داشته باشد. اقدامات لازم را برای کنترل گرد و غبار انجام دهید.

- **دوش های اضطراری و دستگاه های شوینده چشم:** از آماده بودن دوش های اضطراری و دستگاه های شوینده چشم در محل های مناسب اطمینان حاصل کنید.

- **مدیریت ضایعات مایع و جامد:** ممکن است بعضی از عملیات تمیزکاری خاص، ضایعات مایع یا جامدی ایجاد کنند که بتوان آنها را به سیستم فاضلاب صنعتی داخل کارخانه وارد نمود. سایر ضایعات – شامل آبست ها، مواد شیمیایی مصرف شده، مصالح سندبلاست – ممکن است موادی تولید کنند که نیاز به رسیدگی، انهدام یا محدودیت دسترسی خاص داشته باشند. اختلالات پیش بینی نشده حاصل از اینگونه مواد یا تولید ضایعات خطرناک، مواردی هستند که اغلب در زمان برنامه ریزی نادیده گرفته می شوند و حتی می توانند باعث توقف پروژه شوند. خط مشی هایی برای کنترل ضایعات و نگهداری و انهدام مواد خطرناک تهیه کرده، آنها را بصورت دوره ای بازنگری کنید. در این خط مشی ها باید مشکلات احتمالی هم در نظر گرفته شوند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- **کنترل سروصدا:** ممکن است بعضی از گام های تعمیراتی سطوح اضافه ای از سروصدا تولید کنند. اینگونه عملیات باید شناسایی شده، اقدامات اصلاحی، مانند استفاده از گوشی یا نصب برچسب "منطقه پر سروصدا"، برای آنها در نظر گرفته شود.

- **کنترل داربست بندی:** در خلال یک توقف کلی، داربست بندی اغلب از یک محل به محل دیگر منتقل می شود. مطمئن شوید که همه داربست ها به خوبی نشانه گذاری شده، در صورت نیاز با کدهای رنگی تفکیک شده باشند. در بازگردانی های بزرگ، تجهیزات بالابر متحرک موتوری انعطاف پذیری قابل توجهی به برنامه داربست بندی می دهند.

- **مطمئن شوید که "بازگشت به تولید" به خوبی برنامه ریزی شده باشد:** موارد مهمی که پیش از آزاد سازی یک سیستم برای راه اندازی باید مورد توجه قرار گیرند، چیست؟ کارکنان تولید را هم در تهیه و اجرای برنامه بازگشت به تولید سهیم نمایید. رویه های استاندارد عملیاتی آنها را با ملاحظات خاص مربوط به تجهیز جدید یا اصلاح شده ترکیب کنید. مطمئن شوید که آن موارد مهم به درستی اجرا می شوند. مراحل درست عملیات و برقرار کردن ایمن دستگاه های الکتریکی بسیار مهم است.

برگزاری جلسه پس از بازگردانی، یکی از آخرین وظایف مدیر بازگردانی است. بخشی از برنامه ریزی بازگردانی که اغلب دستکم گرفته می شود، موضوع درس های آموخته شده از پروژه است. تصور کنید که مدیر و برنامه ریزها یادداشت ها یا لیست های خوبی در طول فازهای برنامه ریزی و اجرا تهیه کرده اند. این یادداشت ها منابع ارزشمندی از درس های آموخته شده و بهبودهای فرآیندی برای بازگردانی های آینده هستند.

زمان جمع آوری این اطلاعات، سراسر مدت زمان برنامه ریزی و اجرای بازگردانی است. درس های آموخته شده توسط گروه بازگردانی و سایر ذی نفعان در جلسه های پس از بازگردانی، تجزیه و تحلیل و بازبینی می شوند. هدف از این جلسه بحث در مورد این است که چه چیزهایی در فرآیند بازگردانی موفق و چه چیزهایی ناموفق بوده است. این جلسه باید وقتی برگزار شود که زمان زیادی از پایان بازگردانی نگذشته باشد و ذهن های شرکت کنندگان در مورد آن هنوز تازه باشد. پیشنهاد های افراد تیم وارد فرآیند بازگردانی می شود تا در پروژه های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

۸.۴. سنجش عملکرد

فرآیندهای برنامه ریزی و زمان بندی، مانند سایر فرآیندها، باید اندازه گیری و ارزیابی شوند تا امکان بهبود فراهم شود. مثال هایی از معیارهای سنجش عملکرد و بهینه کاوی داده های آنها در ادامه معرفی می شوند:

۱. **درصد کارهای برنامه ریزی شده:** این معیار عبارتست از درصد همه کارهایی که برنامه ریزی شده اند. فرض می شود که همه قطعات، رویه ها، مشخصات فنی، ابزار، نقشه ها و غیره، پیش از زمان بندی کار، مشخص شده اند. بهینه کاوی آن ۹۰٪ است.
۲. **درصد تطابق با زمان بندی:** این سنج عبارتست از درصد کارهایی که مطابق زمان بندی هفتگی تکمیل شده اند. بهینه کاوی آن ۸۵٪ یا بیشتر است.
۳. **درصد دفعاتی که بسته لوازم (مواد یا قطعات) بموقع تحویل می شود:** این معیار از طریق تقسیم تعداد دفعاتی که بسته لوازم (مواد یا قطعات) بموقع تحویل شده اند، بر تعداد دفعات تحویل بسته لوازم محاسبه می شود. این سنج نشان دهنده توانایی برنامه ریز در برنامه ریزی مناسب کارها است. تهیه و تحویل فوری قطعات، خارج از برنامه ریزی، باعث تحمیل هزینه های اضافی و غیر ضروری به فرآیند برنامه ریزی و زمان بندی می گردد.
۴. **درصد مواردی که قطعات درست تحویل می شوند:** به عنوان بخشی از فرآیند برنامه ریزی، برنامه ریزها و زمان بندی کننده ها باید مطمئن باشند که یک تأمین کننده خاص، قطعه درست را تحویل خواهد داد. در غیر این صورت، این مشکل می تواند باعث ایجاد تأخیر در انجام کار شود. بهینه کاوی این معیار، ۹۹٪ یا بیشتر است.
۵. **درصد کارهایی که در نتیجه یک فعالیت PM/CBM ایجاد می شوند:** بیشتر کارهای نگهداشت باید در نتیجه شناسایی زودهنگام زوال یک قطعه یا دارایی، از طریق فعالیت های PM/CBM تعریف شوند. در این حالت، می توان کار را به شکل مناسبی برنامه ریزی و زمان بندی نموده، تأخیرهای ناخواسته و از دست رفتن تولید را به حداقل رساند.
۶. **درصد دوباره کاری:** این سنج عبارتست از درصد دستور کارهایی که نیازمند دوباره کاری هستند. هر سازمانی باید تعریف مشخصی از واژه "دوباره کاری" داشته باشد. این تعریف ممکن است در هر سازمان متفاوت باشد. مثال های دوباره کاری شامل بازدید مجدد یک دارایی برای تعمیر بخشی از آن در خلال ۷، ۱۵ یا ۳۰ روز پس از یک PM یا یک کار تعمیراتی اصلی هستند. عدد بهینه کاوی این معیار زیر ۲٪ است.
۷. **کار انباشته (عقب افتاده):** این معیار نشان می دهد که چه مقدار کار آماده انجام شدن است. معیار کار انباشته برای حفظ بهره برداری اثربخش از نگهداشت اهمیت دارد. ۴ تا ۶ هفته کار انباشته یک بهینه کاوی خوب است.

۹.۴. خلاصه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

برنامه ریزی و زمان بندی بیشترین تأثیر بالقوه را روی انجام بموقع و اثربخش کارهای نگهداشت دارند. کارکردهای برنامه ریزی و زمان بندی همان جایی هستند که همه فعالیت های نگهداشت را هماهنگ می کنند.

اگرچه برنامه ریزی و زمان بندی ارتباط تنگاتنگی با هم دارند، ولی عملاً دو حیطه کارکردی متفاوت هستند.

- **برنامه ریزی: چی چیزی و چگونه**

- **زمان بندی: چه موقع و چه کسی**

برنامه ریزی مشخص می کند که چه کاری و چگونه انجام شود. برنامه ریزی عبارت است از آماده سازی پیشاپیش یک کار، به گونه ای که بتوان آن را به شیوه ای کارآ و اثربخش، در زمانی در آینده، انجام داد. این فرآیند شامل تحلیل جزئیات، برای مشخص کردن و توصیف کار، تعیین ترتیب انجام فعالیت ها و شناسایی منابع لازم – شامل مهارت ها، تعداد نیروی انسانی، نفر-ساعت، لوازم یدکی و سایر مواد و مصالح مورد نیاز، ابزار خاص و هرگونه تجهیزات جابجایی سنگین یا سایر تجهیزات مورد نیاز – است. برنامه ریزی همچنین شامل شناسایی اقدامات قفل کردن / برجسب زدن تجهیزات خاص یا هرگونه مجوز ویژه پیش از شروع کار است.

زمان بندی یعنی چه موقع و چه کسی کار را انجام می دهد. در این فرآیند، تخصیص منابع به یک کار خاص، بر مبنای الزامات عملیاتی و دسترس پذیری منابع، انجام می شود.

برنامه ریزی و زمان بندی، زمان انتظار و تأخیرها را حذف کرده، یا کاهش می دهد. اگر کارکنان نگهداشت مجبور باشند بارها برای پیدا کردن قطعات مورد نیاز یا یک ابزار خاص به انبار مراجعه کنند، باعث تأخیر در انجام کار و تحمیل هزینه اضافی می شود. برنامه ریزی و زمان بندی ضعیف باعث بکارگیری ضعیف منابع نگهداشت می شود.

۴.۱۰. پرسش های خودآزمایی

پ ۱.۴. نمودار گردش کاری را ترسیم کنید که نشان دهنده صدور درخواست کار تا پایان آن باشد.

پ ۲.۴. نقش های نشان داده شده در نمودار گردش کار پ ۴/۱ را تشریح کنید.

پ ۳.۴. هدف سیستم اولویت بندی کار چیست؟

پ ۴.۴. چرا لازم است که کار انباشته نگهداشت را مدیریت کنیم؟ مقدار بهینه کاوی مناسب برای این معیار چیست؟

پ ۵.۴. نشانه های برنامه ریزی غیر اثربخش چیست؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پ ۶.۴. آیا برنامه ریزها باید در مواقع اضطراری به مسؤولان زمان بندی یا سرپرست های اجرایی کمک کنند؟ اگر بله، دلیل آن را توضیح دهید.

پ ۷.۴. بازیگران کلیدی در فرآیند زمان بندی چه کسانی هستند؟ نقش های آنها را توضیح دهید.

پ ۸.۴. تفاوت های کلیدی بین فرآیندهای برنامه ریزی و زمان بندی چیستند؟

پ ۹.۴. انواع کار و مزایای دسته بندی کارها را توضیح دهید.

پ ۱۰.۴. تفاوت های کلیدی بین پروژه های سرمایه ای و بازگردانی ها را توضیح دهید.

۱۱.۴. منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Kister, Timothy and Bruce Hawkins, *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*, Elsevier Science & Technology, 2006.
2. Levitt, Joel, *Handbook of Maintenance Management*, Industrial Press, 1997.
3. Nyman, Don, *Maintenance Management training notes*, Seminars, 1994–96.
4. Nyman, Don and Joel Levitt, *Maintenance Planning, Scheduling and Coordination*, Industrial Press, 2001.
5. Palmer, Doc, *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2005

فصل ۵

مدیریت مواد، قطعات و موجودی

"تقریباً هر بهبودی در کیفیت از
ساده سازی طراحی، مواد، نقشه جانمایی ساخت، فرآیندها و رویه ها نشأت می گیرد"
تام پیتزر

- ۱.۵. مقدمه
- ۲.۵. واژگان و تعاریف کلیدی
- ۳.۵. انواع موجودی
- ۴.۵. نقشه جانمایی فیزیکی و تجهیزات انبارش
- ۵.۵. ابزار و فنون بهینه سازی
- ۶.۵. سنجش عملکرد
- ۷.۵. خلاصه
- ۸.۵. پرسش های خودآزمایی
- ۹.۵. منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل قادر به درک این موضوعات خواهید بود:

- عملیات انبار نگهداشت
- انواع موجودی
- ابزار و فنونی برای بهینه سازی موجودی
- چگونگی حصول اطمینان از دسترس پذیری بموقع قطعات و مواد
- نقشه جانمایی اثربخش انبار و تجهیزات انبارش

۱.۵. مقدمه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

انبارهای نگهداشت نقش مهمی در پشتیبانی از کارکرد نگهداشت ایفا می کنند. هدف تأمین لوازم یدکی و ملزومات درست در زمان مناسب و به مقدار مورد نیاز است. اگر قطعه درست به هنگام نیاز در دسترس نباشد، تعمیرات به تأخیر خواهد افتاد. هرگونه تأخیر در بازسازی یک دارایی خراب هزینه های نگهداشت و عملیات را افزایش خواهد داد. بنابراین، انبار یک تسهیل کننده بسیار مهم برای کاهش هزینه های نگهداشت است.

اصلاً غیر طبیعی نیست اگر ببینید که تکنیسین های نگهداشت بخش قابل توجهی از زمان شان (بیشتر از ۲۰ تا ۳۰٪ در یک شیفت) را به جستجوی قطعات درست اختصاص می دهند. برای فراهم کردن بهترین پشتیبانی ممکن از تکنیسین های نگهداشت، باید تعداد منطقی از مواد و لوازم یدکی در انبار موجود باشد. اگر لوازم یدکی به سهولت قابل دسترسی باشند، تعمیرات اضطراری بصورت بموقع تسهیل خواهند شد. دسترس پذیری مقدار کافی از ملزومات روزمره (روتین) مانند روغن های روانکار، واشرها و غیره، نگهداشت زمان بندی شده عادی را تسهیل خواهد کرد. اقلامی که خیلی گران قیمت هستند و بصورت عادی انبار نمی شوند، باید در زمان لزوم خریداری شوند تا هزینه نگهداری موجودی^۱ کاهش یابد.

در بسیاری از تأسیسات تولیدی و پشتیبانی، بودجه لوازم یدکی می تواند بخش بزرگی از کل بودجه نگهداشت را تشکیل دهد. این مقدار هزینه برای لوازم یدکی را شاید بتوان اینگونه توجیه کرد که در دسترس نبودن لوازم یدکی می تواند باعث افزایش قابل توجهی در هزینه رسیدگی به شکست های تجهیزات شود. ولی نگهداری همه لوازم یدکی مورد نیاز واحد نگهداشت در انبار، غیر قابل تصور و نشدنی است. این کار آنچنان پرهزینه است که عملاً امکان پذیر نیست. بنابراین، مدیریت موجودی لوازم یدکی، ملزومات و ابزار، نقش بسیار مهمی در نگهداشت و قابلیت اطمینان تجهیزات دارد. معمولاً برای تعیین اینکه چه کالایی و چه زمانی خریداری شود، از تکنیک های تصمیم گیری کمی^۲ استفاده می شود. در این فصل بررسی اجمالی تکنیک های کمی قابل استفاده برای کاهش هزینه های موجودی انجام می شود.

در عمل، استفاده از این تکنیک ها باعث دستیابی به نتایج زیر شده است:

- ۲۰٪ کاهش حجم کار برنامه ریزهای نگهداشت
- ۳۰٪ کاهش تعداد درخواست های خرید برای تأمین مجدد قطعات
- ۴۰٪ کاهش تعداد درخواست های خرید مستقیم دستی
- ۳۰٪ کاهش موجودی انبار نگهداشت
- ۲۰٪ کاهش کل هزینه های نگهداشت

انبار نگهداشت، که برای ساده سازی انبار هم نامیده می شود، مسؤول کارکردهای زیر است:

- تأمین لوازم یدکی، ملزومات و ابزار صحیح

¹ inventory carrying cost

² quantitative decision techniques

• انتقال موارد مورد نیاز به محل مناسب و در زمان درست

مسئولیت های اصلی انبار نگهداشت را می توان با برنامه ریزی پیشرفته صحیح، بر مبنای راهکارهای برتر، انجام داد. ولی در مورد بعضی قطعات خاص، ممکن است این انتظارات بدلیل هزینه، نرخ شکست بالا و زمان انتظار^۳ طولانی، غیر واقعی باشند. برای طراحی برنامه ای جهت تعیین اقتصادی ترین سطوح (مقادیر موجودی) انبارداری قطعات بحرانی، باید واحدهای نگهداشت، مهندسی، خرید و مدیریت همکاری نزدیکی داشته باشند. بعضی از اقلام زمان انتظار کم یا قابل صرف نظر کردن دارند و می توانند در زمان بسیار کوتاهی خریداری شوند؛ این اقلام نیازی به نگهداری در انبار ندارند.

زمان مناسب برای تصمیم گیری در مورد اینکه کدام قطعات و مواد و به چه تعدادی باید انبارش شوند، پیش از قرار گرفتن یک دارایی یا سیستم در مدار تولید است. سازندگان دارایی ها و سیستم ها عموماً یک فهرست پیشنهادی لوازم یدکی به همراه برنامه نگهداشت پیشگیرانه ارائه می کنند که بر مبنای تحلیل حالات و اثرات شکست^۴ (FMEA) تهیه می شود. فهرست لوازم یدکی باید با استفاده از حالات شکست و بسامد شکست ها بهینه شود. این فهرست بهینه باید مشخص کند که چه قطعاتی و به چه تعدادی باید در یک بازه زمانی خاص انبارش شوند.

فرآیند ارسال یک سفارش خرید هزینه بر است، چرا که نیازمند نوشتن مشخصات فنی و تعیین منابع بالقوه می باشد. پس از مشخص کردن منابع، باید پیشنهادهای فروش بررسی شده، تأمین کننده صلاحیت دار انتخاب شود. این کارکردها هزینه بر هستند و به آنها هزینه های سفارش گذاری می گویند. هزینه سالیانه انبارش یک کالا و نگهداری موجودی آن ممکن است تا ۳۰٪ قیمت اولیه آن هم برسد. چند بخش بعدی در مورد تکنیک های گوناگونی صحبت می کنند که می توانند برای کاهش هزینه های موجودی استفاده شوند.

۲.۵. واژگان و تعاریف کلیدی

انبار

انبار نگهداشت، تعمیر و عملیات؛ وظیفه آن نگهداری همه مصالح و قطعات یدکی مورد نیاز برای پشتیبانی از نگهداشت و عملیات است.

انبار خدمات (انبار ورود آزاد)

^۳ lead time

^۴ Failure Modes and Effects Analysis

FMEA ابزاری است برای تعیین حالات شکست؛ این ابزار به تفصیل در فصل ۱۱ بررسی شده است.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

قطعات پر کاربرد و ملزومات نگهداشت که در مناطق پر کار نگهداشت یا خارج از انبار نگهداری می شوند. خارج کردن قطعات از این انبار نیاز به درخواست یا تشریفات اداری ندارد.

سامانه مدیریت نگهداشت مکانیزه / مدیریت دارایی های سازمان (CMMS/EAM)

یک سامانه نرم افزاری که همه فعالیت های نگهداشت، مانند دستور کارهای نگهداشت، زمان بندی PM، لوازم یدکی، طرح های کاری و سوابق دارایی، را ثبت و ردیابی می کند. معمولاً با سامانه های پشتیبانی مانند کنترل موجودی، خرید، حسابداری و ساخت یکپارچه شده، کنش های نگهداشت و انبارداری را کنترل می کند.

فهرست مواد (BOM)

لیستی از مواد و مصالحی که برای تکمیل یک کار نصب یا ساخت خاص مورد نیاز است. همچنین می تواند لیستی از اقلام ضروری برای پشتیبانی از عملیات و نگهداشت یک دارایی یا جزیی از آن باشد.

قطعات عمومی^۵

ترکیبی از قطعات تعویضی استاندارد و سخت افزارهایی که ممکن است در چندین دارایی مختلف استفاده شوند.

لایه بندی^۶

تکنیکی برای جداسازی داده های جمع آوری شده از منابع گوناگون، به گونه ای که بتوان یک الگو در آنها مشاهده نمود.

لوازم یدکی

قطعات تعویضی که فهرست آنها در BOM و/یا CMMS موجود است؛ یک سامانه مدیریت موجودی که ممکن است در موجودی نگهداری بشود یا نگهداری نشود تا در زمان خرابی از توقف اضافی پیشگیری کند.

لوازم یدکی / قطعات اضطراری

قطعات تعویضی مورد نیاز برای دارایی ها و تجهیزات حساس، که به صورت رزرو نگهداری می شوند تا در شرایط توقف تولید در اثر خطاهای انسانی یا فجایع طبیعی استفاده شوند. زمان نیاز به این قطعات قابل

⁵ Commonly Used Parts

⁶ Stratification

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

پیش بینی نیست. معمولاً هزینه بالا و زمان سفارش تا تأمین طولانی مدتی دارند. نبودن این قطعات در انبار می تواند باعث افزایش زمان از کار افتادگی و تولید از دست رفته قابل توجه شود. اینگونه لوازم یدکی گاهی لوازم یدکی تضمینی^۷ نامیده می شوند.

موجودی بهنگام^۸ (JIT)

یک شیوه مدیریت موجودی که در آن محموله های کوچکی از انبار به محض نیاز تحویل می شوند. JIT مقدار موجودی انبار را حداقل می کند.

نسبت گردش موجودی^۹

این نسبت نشان می دهد که یک موجودی در یک سال هر چند وقت یکبار جایگزین می شود. از آنجا که موجودی ها انواعی از دارایی ها هستند که کمترین نقد شوندگی را دارند، نسبت گردش موجودی بالا عموماً خوب است. ولی در مورد موجودی، نسبت گردش موجودی معمولاً کم و زیر دو است.

نسبت گردش موجودی = تعدادی از موجودی که در یک سال از انبار خارج شده است / متوسط موجودی

متوسط موجودی = (موجودی ابتدای دوره + موجودی پایان دوره) / ۲

نگهداشت، تعمیر و عملیات (MRO)

نگهداشت، تعمیر و عملیات. حرف "O" گاهی هم به واژه تعمیرات اساسی^{۱۰} اشاره دارد.

واحد نگهداری موجودی^{۱۱} (SKU)

یک اصطلاح در مدیریت موجودی است که به هر کدام از اقلامی که در موجودی نگهداری می شوند، مجموعه مشخصی از اعداد را اختصاص می دهد.

۳.۵. انواع موجودی

⁷ insurance spares

⁸ Just-In-Time Inventory

⁹ Inventory Turnover Ratio (Inventory Turns)

¹⁰ Overhaul

¹¹ Stock Keeping Unit

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

واژه موجودی در فرهنگ لغات انگلیسی به صورت تعداد کالا یا مواد در دسترس تعریف شده است. همه موجودی ها مانند هم نیستند. به عنوان مثال، موجودی خرده فروشی یا موجودی مصرف کننده شامل تلویزیون، لباس، خودرو و خواربار است، در حالی که موجودی تولید یا عملیات شامل پمپ ها، موتورها، شیرها، ورق های فولادی و لوازم یدکی است که نقش حیاتی در عملیات کارخانه دارند.

موجودی ها در یک فرآیند اغلب به چهار دسته تقسیم می شوند: ۱- کالای نهایی (تکمیل شده)، ۲- قطعات نیمه ساخته (در جریان ساخت)، ۳- مواد خام و ۴- اقلام مربوط به نگهداشت و عملیات مانند لوازم یدکی، ملزومات عملیات و مواد مصرفی. توجه این فصل به لوازم یدکی، اقلام مصرفی و سایر مصالحی است که برای حفظ پیوستگی عملیات دارایی های کارخانه مورد نیاز هستند.

موجودی نگهداشت باید نیازمندی های اضطراری، کوتاه مدت و بلند مدت واحد نگهداشت را برای حفظ قابلیت عملیاتی دارایی ها برآورده سازد. موجودی به عنوان مانعی در برابر ناشناخته ها عمل می کند. اگر می دانستیم که چه زمانی به یک قطعه نیاز خواهیم داشت، لازم نبود آن را در انبار نگهداری کنیم. در آن صورت صرفاً لازم بود که قطعه را دقیقاً در زمان نیاز خریداری کرده، آن را به محل کار منتقل کنیم. این دیدگاه در تئوری خوب به نظر می رسد. ولی مجبور هستیم قطعات را در انبار نگهداری کنیم، چرا که نمی دانیم دقیقاً چه زمانی به آنها نیاز خواهیم داشت. بنابراین، موجودی گاهی "ذخیره احتیاطی در برابر استفاده" هم نامیده می شود.

موجودی همچنین از ما در برابر عدم قطعیت های زمان تحویل هم حفاظت می کند. اگر دقیقاً می دانستیم که یک تأمین کننده چه زمانی سفارش ما را تحویل خواهد داد، هرگز نیاز نداشتیم که برای پوشش دادن زمان تحویل های نامنظم، ذخیره احتیاطی داشته باشیم. تأمین کنندگان هم مشکلات خودشان را دارند. بنابراین موجودی گاهی "ذخیره احتیاطی در برابر تحویل" نامیده می شود.

ذخیره احتیاطی، که ذخیره یا سطح ایمنی هم نامیده می شود، می تواند و باید، از طریق اعمال روش ها و فنونی که در ادامه این فصل معرفی می شوند، حداقل نگاه داشته شود.

طبقه بندی موجودی

موجودی ها را می توان براساس نرخ مصرف آنها به سه دسته اصلی تقسیم نمود:

۱. موجودی فعال
۲. موجودی کم مصرف
۳. موجودی غیرفعال

موجودی فعال^{۱۲} (AI)

موجودی فعال شامل اقلامی است که به اندازه کافی پرمصرف هستند که بتوان تقاضای آتی آنها را با دقت خوبی پیش بینی کرد. اگر یک کالا یا قطعه حداقل یک بار در ماه استفاده شود، به عنوان کالای فعال در نظر گرفته می شود. کالاهای فعال شامل موارد زیر هستند:

- لوازم یدکی کوچک، به عنوان مثال بیرینگ های استاندارد و آب بند کننده ها
- کالاهای مصرفی یا پشتیبانی، مانند دستکش های ایمنی
- اقلامی که عموماً تقاضای ماهیانه بالایی دارند
- اقلامی که تقاضای آتی آنها قابل پیش بینی باشد

موجودی کم مصرف^{۱۳} (IUI)

اینها اقلامی هستند که کمتر استفاده می شوند، معمولاً کمتر از ۱۰ بار در سال، ولی همچنان امکان پیش بینی تقاضای آتی برای آنها با دقت قابل قبولی وجود دارد.

موجودی غیرفعال^{۱۴} (RUI)

اینها کالاهایی هستند که در دسته بندی "باید داشت" قرار می گیرند. اینها قطعاتی هستند که یا تهیه شان تقریباً غیرممکن است، یا زمان انتظار برای آنها آنقدر طولانی است که اغلب به نظر می رسد که کالا نمی توان آنها را تهیه نمود. این کالاهای داخل قفسه ها قرار می گیرند و عملاً کار زیادی در مورد آنها نمی توانیم انجام دهیم. بخش وسیعی از کالاهای انبار در این دسته قرار می گیرند. یک تحلیل که روی ۱۰۰ انبار انجام شد، نشان داد که ۵۰٪ یا بیشتر از کالاهای در دو سال گذشته هیچ مصرفی نداشته اند. ولی همچنان بیشتر این اقلام باید در زمان لازم در دسترس باشند. یک پروفایل موجودی نمونه از بیش از ۱۰۰ کارخانه در شکل ۱.۵ نشان داده شده است. همان گونه که نخستین میله این شکل نشان می دهد، بیش از ۸۰٪ تعداد کالاهای یک انبار را می توان در دسته کالاهای کم مصرف و غیرفعال تقسیم بندی نمود.

Active Inventory^{۱۲}

¹³ Infrequently Used Inventory

¹⁴ Rarely Used Inventory



شکل ۱.۵. مدیریت مواد، قطعات و موجودی

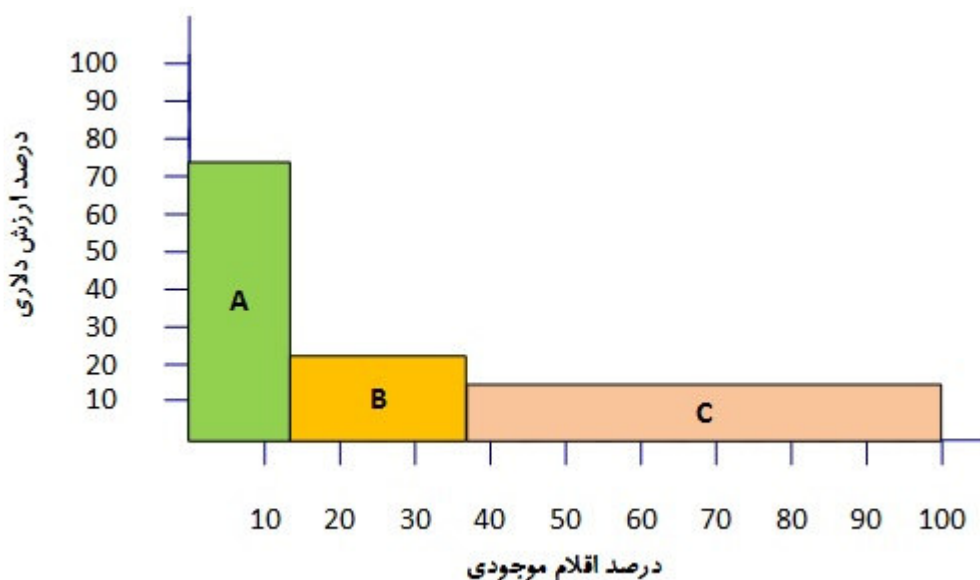
بعضی سازمان ها برای کاهش هزینه های کالاهای RUI شروع کرده اند تا با سازمان های دیگر در زمینه کاری خودشان گروهی را تشکیل دهند تا کالاهای RUI گران قیمت، مانند موتورهای بزرگ، شیرها و ترانسفورماتورها، را با هم به اشتراک بگذارند. میله های میانی و سمت راست در شکل ۱.۵ نشانگر درصد ارزش موجودی و درصد تراکنش های کالاهای فعال در مقایسه با کالاهای کم مصرف و غیرفعال هستند.

تحلیل (لایه بندی موجودی)

تحلیل، که گاهی لایه بندی موجودی هم نامیده می شود، تکنیک مفید دیگری است که برای طبقه بندی و بهینه سازی سطوح موجودی استفاده می شود. در این تکنیک، موجودی بر مبنای ارزش یک کالا و نرخ مصرف آن طبقه بندی می شود. این سامانه طبقه بندی برای ایجاد تمایز بین کالاهای فراوان کم اهمیت و کالاهای اندک حیاتی استفاده می شود. در واقع، این سامانه طبقه بندی براساس اصل پارتو کار می کند. بیشتر کالاهای در دسته A اقلامی هستند که فقط یکی از آنها در انبار وجود دارد، قیمت بالا و تقاضای کم دارند. این اقلام ممکن است بین ۵۰۰ دلار در واحد کالا تا ۱۰۰،۰۰۰ دلار و بیشتر هم ارزش داشته باشند. به عنوان نمونه ای از اینگونه کالاهای می توان یک موتور الکتریکی بزرگ با توان HP ۱۰،۰۰۰ را مثال زد که در یک عملیات مهم استفاده می شود. اقلام داخل این دسته معمولاً بسیار حیاتی هستند. پیش بینی تقاضای آتی آنها دشوار است و در دسترس نبودن آنها می تواند منجر به از کار افتادگی / توقف کلی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

طولانی مدت گردد. این کالاها برای اینکه کنترل موجودی خوبی داشته باشیم، ضروری هستند. مشخص شده است که تعداد اقلام کالایی این دسته معمولاً از ۱۰ تا ۲۰٪، بطور متوسط ۱۵٪، کل کالاهای انبار را شامل می شود. ولی قیمت آنها بین ۶۰ تا ۸۰٪ کل ارزش موجودی انبار را تشکیل می دهد. این دسته کالا را می توان با موجودی غیرفعال مقایسه نمود که در قسمت پیشین بررسی شد.



شکل ۲.۵. تحلیل

کالاهای دسته B قطعات استاندارد هستند که می توانند در انبارهای تأمین کننده ذخیره شده، چند روز یا چند هفته پیش از تاریخ نیاز، توسط توزیع کننده محلی در دسترس قرار گیرند. معمولاً هزینه این کالاها متوسط به بالا است. ممکن است به ازای هر واحد ۱۰۰ دلار یا بیشتر ارزش داشته باشند. کالاهای این دسته اهمیت کمتری داشته، کم استفاده تر هستند. با مقداری تلاش می توان تقاضای آتی آنها را پیش بینی نمود.

مشخص شده است که تعداد اقلام کالایی دسته B معمولاً بین ۲۰ تا ۳۵٪، بطور میانگین ۲۵٪، کل اقلام موجودی است. ارزش آنها بین ۱۵ تا ۲۵٪ کل هزینه موجودی انبار است. این دسته را می توان با گروه موجودی کم مصرف (IUI) مقایسه نمود که پیشتر معرفی شد.

شکل ۲.۵ یک تحلیل موجودی و لایه بندی آن را بصورت نمونه نشان می دهد.

بیشتر کالاهای دسته C قطعات استاندارد و مصرفی و ملزوماتی هستند که می توانند براساس یک زمان بندی دوره ای مشخص توسط تأمین کننده ارسال شوند یا در چند ساعت یا چند روز توسط توزیع کننده های محلی تأمین گردند. معمولاً قیمت واحد آنها کمتر از ۱۰۰ دلار است. اقلام این دسته کاربرد همیشگی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

دارند؛ تقاضای آتی آنها را می توان به دقت پیش بینی نمود و می توان آنها را بدون نیاز به کنترل موجودی مدیریت نمود.

مشخص شده است که تعداد اقلام کالایی دسته C از ۵۵ تا ۷۵٪، بطور میانگین ۶۵٪، کل کالاهای انبار است. قیمت آنها بین ۵ تا ۱۵٪ کل هزینه موجودی انبار است. آنها را می توان با گروه موجودی فعال (AI) مقایسه نمود که پیشتر مورد بررسی قرار گرفت.

مثالی از یک نمونه لایه بندی موجودی در شکل های ۳.۵ و ۴/۵ نشان داده شده است. شکل ۳.۵ تعداد ۲۱ قلم کالا را، به همراه قیمت واحد و نرخ تقاضای آنها برای سال جاری و سه سال گذشته، نشان می دهد. شکل ۴.۵ دسته بندی هر قلم کالا و قیمت فعلی آن را به همراه درصد اقلام کالایی در هر دسته و قیمت های آنها نشان می دهد. هدف این تحلیل، انتقال اقلام کالایی از دسته A به B و از B به C است، تا هزینه های موجودی کمینه شود.

برای آشنایی با معیارهای استفاده شده برای دسته بندی اقلام کالایی در این مثال، شکل ۳/۵ را ببینید.

اقلام A = ارزش بیشتر از ۱۰۰۰ دلار و نرخ مصرف کمتر از ۶ عدد در سال
 اقلام B = ارزش بین ۱۰۰ تا ۹۹۹ دلار و نرخ مصرف بیشتر از ۶ عدد در سال
 اقلام C = ارزش کمتر از ۱۰۰ دلار و نرخ مصرف بیشتر از ۱۲ عدد در سال

این معیارها باید برای برآورده ساختن نیازهای شما، محیط زیست و نوع موجودی متناسب سازی شوند. شکل ۴.۵ این داده ها را پس از تحلیل نشان می دهد. دوباره، هدف ما بازبینی هزینه اقلام و نرخ مصرف (یا تقاضا) در دوره های منظم است تا تعداد اقلام کالایی داخل انبار کاهش داده شود، بدون اینکه روی فعالیت های نگهداشت تأثیری داشته باشد.

شماره قطعه	شرح قطعه	قیمت واحد (دلار)	دسته بندی ABC	تقاضای سالانه سال گذشته	تقاضای ۳ سال گذشته	موجودی فعلی در انبار	ارزش موجودی فعلی در انبار (دلار)
۱۰۰۰۱	بیرینگ، غلتکی XXXXXX	۸۵	C	۵۰	۱۰۰	۲۹	۲۴۶۵
۱۰۰۰۲	دستکش، ایمنی	۱۵	C	۱۲۰	۴۰۰	۶۰	۹۰۰
۱۰۰۰۳	کاسه نمد، XXXXX	۶/۵	C	۴۰	۱۰۰	۳۸	۲۴۷
۱۰۰۰۴	قلاب، سیم بکسل #abc	۳۷۰	B	۵	۱۰	۴	۱۴۸۰
۱۰۰۰۵	قلاب، سیم بکسل #xyz	۸۵۰	B	۳	۵	۴	۳۴۰۰
۱۰۰۰۶	سیم بکسل جرثقیل، #XXXX	۱۴۵۰		۰	۱	۲	۲۹۰۰
۱۰۰۰۷	بیرینگ، کروی XXXX	۱۸۰	B	۸	۶	۶	۱۰۸۰
۱۰۰۰۸	اورینگ، بسته سائزهای مختلف	۱.۹	C	۲۰۰	۶۸۰	۸۰	۱۵۲

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۱۰۰۰۹	کیت تعمیراتی سیلندر هیدرولیک	۴۸		۱۸	۴۰	۲۰	۹۶۰
۱۰۰۱۰	سیلندر هیدرولیک #XXXX	۸۶۰	B	۶	۱۰	۴	۳۴۴۰
۱۰۰۱۱	موتور الکتریکی، zzzzzHP	۸۴۰۰		۰	۱	۲	۱۶۸۰۰
۱۰۰۱۲	موتور الکتریکی، xxxxxHP	۴۸۰۰۰		۱	۲	۱	۴۸۴۰۰
۱۰۰۱۳	شیر، سروو #xxxxxx	۱۲۵۰		۴	۳	۴	۵۰۰۰
۱۰۰۱۴	منبع تغذیه	۱/۳	C	۶۰۰	۲۰۰۰	۳۴۰	۴۴۲
۱۰۰۱۵	گیربکس #xxxxxxx	۲۶۰۰	B	۱	۰	۲	۵۲۰۰
۱۰۰۱۶	الکتروپمپ xxxx	۱۸۰	B	۱۵	۴۰	۱۸	۳۳۴۰
۱۰۰۱۷	پمپ هیدرولیک xxxx	۶۸۰	B	۴	۱۰	۵	۳۴۰۰
۱۰۰۱۸	بیرینگ، غلتکی اصطکاکی #xxxxx	۱۲۰		۲۴	۹۰	۲۰	۲۴۰۰
۱۰۰۱۹	اتصالات مختلف	۳.۲	C	۲۰۰	۱۰۰۰	۱۶۰	۵۱۲
۱۰۰۲۰	کارت، مدار چاپی xxxx	۱۱۰	B	۶۰	۱۰۰	۳۰	۳۳۰۰
۱۰۰۲۱	سیم	۱۰۵	B	۱۴	۲۰	۱۸	۱۸۹۰
	مجموع					۸۴۷	۱۰۷۲۰۸

شکل ۳.۵. هزینه های موجودی

دسته بندی	شماره قطعه	شرح قطعه	قیمت واحد (دلار)	تقاضای سال گذشته	تقاضای ۳ سال گذشته	موجودی فعلی در انبار	ارزش موجودی فعلی در انبار (دلار)	مجموع گروه	هزینه	تعداد اقلام	% اقلام
A	۱۰۰۰۶	سیم بکسل، جرثقیل، #xxxxx	۱۴۵۰	۰	۱	۲	۲۹۰۰				
A	۱۰۰۱۱	موتور الکتریکی، zzzzzHP	۸۴۰۰	۰	۱	۲	۱۶۸۰۰				
A	۱۰۰۱۲	موتور الکتریکی، xxxxxHP	۴۸۰۰۰	۱	۲	۱	۴۸۰۰۰				
A	۱۰۰۱۳	شیر، سروو #xxxxxx	۱۲۵۰	۴	۳	۴	۵۰۰۰				
A	۱۰۰۱۵	گیربکس #xxxxxxx	۲۶۰۰	۱	۰	۲	۵۲۰۰	۷۷۹۰۰	۷۳%	۱۱	۱%
B	۱۰۰۱۶	الکتروپمپ xxxx	۱۸۰	۱۵	۴۰	۱۸	۳۳۴۰				

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

				۳۴۰۰	۵	۱۰	۴	۶۸۰	پمپ هیدرولیک XXXX	۱۰۰۱۷	B
				۲۴۰۰	۲۰	۹۰	۲۴	۱۲۰	بیرینگ، غلطکی اصطکاکی #XXXX	۱۰۰۱۸	B
				۳۳۰۰	۳۰	۱۰۰	۶۰	۱۱۰	کارت، مدار چاپی XXXX	۱۰۰۲۰	B
				۱۸۹۰	۱۸	۲۰	۱۴	۱۰۵	سیم	۱۰۰۲۱	B
				۱۴۸۰	۴	۱۰	۵	۳۷۰	سیم بکسل #abc	۱۰۰۰۴	B
				۳۴۰۰	۴	۵	۳	۸۵۰	سیم بکسل #xyz	۱۰۰۰۵	B
				۱۰۸۰	۶	۶	۸	۱۸۰	بیرینگ، کروی XXXX	۱۰۰۰۷	B
۱۳٪	۱۰۹	۲۲٪	۲۳۶۳۰	۳۴۴۰	۴	۱۰	۶	۸۶۰	سیلندر هیدرولیک #XXXX	۱۰۰۱۰	B
				۵۱۲	۱۶۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۳۰۲	اتصالات مختلف	۱۰۰۱۹	C
				۲۴۶۵	۲۹	۱۰۰	۵۰	۸۵	بیرینگ، غلطکی XXXXXX	۱۰۰۰۱	C
				۹۰۰	۶۰	۴۰۰	۱۲۰	۱۵	دستکش، ایمنی	۱۰۰۰۲	C
				۲۴۷	۳۸	۱۰۰	۴۰	۶/۵	کاسه نمد، XXXXXX	۱۰۰۰۳	C
				۱۵۲	۸۰	۶۸۰	۲۰۰	۱۰۹	اورینگ، بسته سایزهای مختلف	۱۰۰۰۸	C
				۹۶۰	۲۰	۴۰	۱۸	۴۸	کیت تعمیراتی سیلندر هیدرولیک	۱۰۰۰۹	C
۸۶٪	۷۳۷	۵٪	۵۶۷۸	۴۴۲	۳۴۰	۲۰۰۰	۶۰۰	۱/۳	منبع تغذیه	۱۰۰۱۴	C
	۸۴۷		۱۰۷۲۰۸	۱۰۷۲۰۸	۸۴۷				مجموع		

شکل ۴.۵. نتایج تحلیل ABC

داده های این جدول نشان می دهد که: گروه A شامل ۵ قلم کالا با تعداد ۱۱ قطعه و ۷۳٪ هزینه کل، گروه B شامل ۹ قلم کالا با تعداد ۱۰۹ قطعه و ۲۲٪ هزینه کل؛ و گروه C شامل ۷ قلم کالا ولی تعداد ۷۲۷ قطعه و فقط ۵٪ هزینه کل هست. بوضوح، تمرکز روی کالاهای گروه A باید بیشتر از کالاهای گروه C باشد. اقلام کالایی گروه A باید بصورت دوره ای بازبینی شوند، ولی دوره زمانی بازبینی اقلام کالایی دسته بندی C می تواند طولانی تر باشد.

نوع دیگری از موجودی - موجودی پنهان^{۱۵} - شامل کالاهایی است که مکانیک ها زیر نقاله ها و راهروها، داخل کابینت ها و در جعبه ابزارهای شان ذخیره می کنند. این کالاها معمولاً در انبارگردانی های سالیانه به عنوان "گم شده" در نظر گرفته می شوند. موجودی پنهان یک مشکل واقعی است، زیرا وضعیت این کالاها نامشخص است، تا زمانی که مکانیک ها بالاخره از آنها استفاده می کنند. اگر این قطعات خراب یا معیوب باشند، شاید لازم باشد تجهیز مجدداً برای تعویض دوباره آنها متوقف شود، که باعث تحمیل هزینه به سازمان می شود. معمولاً فرهنگ سازمان هایی که موجودی پنهان بزرگی دارند، واکنشی است.

همچنین ممکن است کالاهایی در انبارتان داشته باشید که قابل طبقه بندی نباشند. به اینها موجودی راکد^{۱۶} می گویند. موجودی راکد ممکن است شامل قطعات تجهیزاتی باشد که مدت ها پیش از رده خارج شده اند. آیا می توان موجودی راکد را به تأمین کننده یا یکی از مشتری ها برگشت داد؟ راه حل های دیگر، شامل فروش آنها به عنوان مازاد یا قراضه یا فقط دور انداختن آنهاست. موجودی راکد جا اشغال می کن

د و حتی شاید سازمان مجبور باشد برای آنها مالیات هم پرداخت کند. در بعضی ایالات آمریکا، کسب و کارها باید مالیات اموال پرداخت کنند، که شامل موجودی انبار هم می شود. به خاطر داشته باشید که انبارش این کالاها به طور متوسط ۲۵٪ سالیانه هزینه دارد.

۴.۵. نقشه جانمایی فیزیکی و تجهیزات انبارش

نقشه جانمایی فیزیکی انبار، عامل مهمی برای دستیابی به حداکثر بهره وری است. دو موضوع در این تصمیم نقش دارند: موقعیت مکانی خود انبار نگهداشت و موقعیت فیزیکی مواد و کالاها داخل انبار. انبار نگهداشت باید تا حد ممکن نزدیک به جایی باشد که کار انجام می شود - نزدیک تجهیزات. بیشتر اوقات، انبار نگهداشت تبدیل به مرکز^{۱۷} فعالیت های نگهداشت می شود. جانمایی فیزیکی انبار باید بگونه

¹⁵ hidden stock

¹⁶ dead stock

¹⁷ hub

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ای طراحی و برنامه ریزی شده باشد که جریان مواد کار^{۱۸} باشد. برای حصول اطمینان از اینکه انبار، کارآ و اثربخش کار می کند، موارد زیر باید در جانمایی آن در نظر گرفته شوند:

- فضای انبار باید به وسیله دیوار یا فنس های محفوظ و امن از عملیات اصلی کارخانه جدا باشد. محافظت شدن این منطقه از دزدیده شدن ابزارها و کالاهای گران قیمت جلوگیری می کند. بسیاری از سازمان ها شروع به استفاده از کارت های دسترسی^{۱۹} جداگانه برای هر کدام از کارکنان کرده اند. این کارت ها دسترسی به انبار و قفسه ابزارها را کنترل می کنند. با وجود این، سازمان ها باید سازوکاری داشته باشند تا مطمئن شوند هر قطعه ای که برای تحویل از انبار درخواست داده می شود، به یک تجهیز یا پروژه مناسب شارژ شود.



شکل ۵.۵. انبارهای نامنظم و منظم

- فضای انبارش قطعات و مصالح باید به اندازه کافی وسعت داشته و دارای امکانات مناسب برای جابجایی قطعات و مصالح باشد. قطعات سنگین را پایین، نزدیک به یا روی زمین قرار دهید.
- قطعات کم مصرف^{۲۰} باید در انتهای انبار و قطعات پرمصرف^{۲۱} باید در جلوی انبار با دسترسی آسان و سریع نگهداری شوند. کالاهای مصرفی و اقلام کم ارزش مانند پیچ ها، مهره ها، اتصالات، فیلترها و واشرها که در بیشتر فعالیت های نگهداشت استفاده می شوند، باید نزدیک جلوی انبار یا خارج از انبار نگهداری شوند تا دسترسی به آنها ساده باشد.

¹⁸ efficient

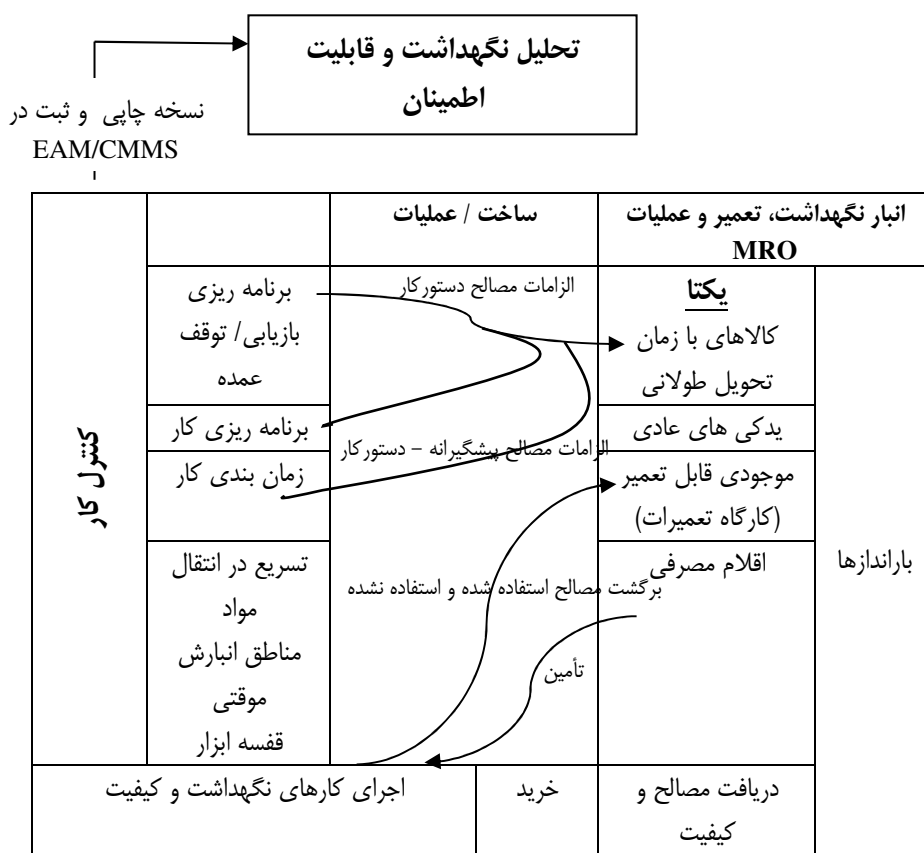
¹⁹ access cards

²⁰ slow movers

²¹ fast movers

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- روغن ها باید دور از فضای اصلی انبار نگهداری شوند. فضای نگهداری روغن ها باید بگونه ای طراحی شود تا همه الزامات آتش نشانی و ایمنی محیط زیستی را برآورده کند.
- همه موقعیت های انبار و قفسه های قطعات باید به درستی برچسب گذاری شوند.
- فضای انبار نباید به هم ریخته باشد و نباید ضایعات در آنجا نگهداری شوند، تا کارکنان بتوانند به راحتی تردد کنند و به آسانی به قطعات دسترسی داشته باشند. روشنایی این فضا باید مناسب باشد تا کارکنان انبار و تکنیسین های نگهداشت بتوانند به راحتی قطعات را ببینند و آنها را شمارش کنند.
- مانند یک مغازه خرده فروشی، انبار باید قطعات برگشتی را هم بپذیرد. باید فرآیند مناسبی برای پذیرش، شمارش و ثبت قطعات برگشتی پیاده سازی شده باشد.



شکل ۶.۵. گردش قطعات و تأمین موجودی

دو انبار مختلف در شکل ۵.۵ نشان داده شده اند. در سمت چپ، یک انبار نامنظم مشاهده می شود و در سمت راست، به وضوح یک انبار منظم دیده می شود. پیدا کردن یک قطعه در انبار سمت چپ سخت خواهد بود. گردش قطعات در تأسیساتی دارای یک انبار هم بصورت نمونه در شکل ۶.۵ نشان داده شده است. هنگام طراحی انبار، مطمئن شوید که گردش قطعات روان است و زمان جابجایی و تدارکات کم شده است.

انبارش قطعات – مصالح و سیستم برگشت آنها

روش های گوناگونی برای انبارش و برگشت کالا وجود دارد، که می توانند برای مدیریت قطعات و مصالح در انبار استفاده شوند. اینکه از کدام روش استفاده کنید به ویژگی های قطعات و مقدار تقاضای آنها بستگی دارد.

تجهیزات انبارش

تجهیزات انبارش قطعات را می توان عموماً به دو گروه اصلی تقسیم کرد: *نفر به قطعه*^{۲۲} و *قطعه به نفر*^{۲۳}. دسته نخست، نفر به قطعه، برای کارکنان آشنا تر است و شامل تجهیزاتی مانند قفسه ها، پالت ها، ظرف های روباز و جعبه ها است. در این دسته بندی، ما به محل قطعه می رویم تا آن را برداریم. این چیدمان در انبارهای کوچک متداول است.

در مقابل آن، در چیدمان قطعه به نفر، قطعه هست که پیش ما می آید. با ظهور ابزارهای انبارش سیستمی و بویژه با یکپارچه سازی ابزارهای تولید و توزیع، سیستم های قطعه به نفر – مانند قفسه های گردان افقی و عمودی، و سیستم انبارش و برگشت خودکار (AS/RS)^{۲۴} – امکان پذیر شده اند. این سیستم ها می توانند باعث بهبودهای قابل توجهی در کارایی انبارش قطعات شوند.

نفر به قطعه: این سیستم ها پایه اصلی انبارش قطعات هستند. هزینه اولیه آنها کمتر از سیستم های قطعه به نفر است، ولی می توانند برای انبارش متراکم و فشرده قطعات استفاده شوند. از این دو مدل، سیستم نفر به قطعه را آسان تر می توان به صورت دستی مدیریت کرد. ولی این نوع انبارش (در ذات خودش) امکان کنترل ورود و خروج قطعات و ردیابی موجودی را ندارد، که می تواند باعث کاهش صحت موجودی انبار شود. سه نوع اصلی انبارش انسان به قطعه در ادامه تشریح می شوند:

²² man to part

²³ part to man

²⁴ Automated Storage and Retrieval System

قفسه ها/ ظرف های روباز: قفسه ها و ظرف های روباز اصولاً متداول ترین نوع انبارش قطعات هستند. آنها را می توان در ارتفاع های مختلف و در همه فضای انبار اجرا کرد. این روش برای قطعات کوچک تر و قطعات کم مصرف که کاربرد پیوسته ندارند، مناسب ترین روش است. قفسه بندی می تواند در پیکربندی های گوناگونی اجرا شود و جایگاه ویژه ای در بین روش های انبارش قطعات دارد.

قفسه پالت^{۲۵}: برادر بزرگ قفسه ها و ظرف های روباز بوده، دومین روش متداول انبارش قطعات است. این روش اصولاً برای قطعات خیلی بزرگ یا خیلی سنگین استفاده می شود. مهم ترین مزیت انبارش به روش قفسه پالت، هزینه اولیه نصب کم و عدم نیاز آن به نگهداشت است؛ قفسه های پالت بسیار شکل پذیر هستند. معایب آن، تراکم پایین انبارش نسبت به قفسه بندی و فایل های کشودار است. بعلاوه، این قفس ها باید روی تیرهای مخصوص خود اجرا شوند.

فایل های کشودار: فایل های کشودار، کابینت های قفل داری هستند که کشوهایی دارند که می توان آنها را برحسب نیاز و بر مبنای قطعه/ابزاری که داخل آنها قرار می گیرد، تقسیم بندی نمود. این فایل ها منحصرراً برای انبارش قطعات کوچک و همچنین انبارش ابزار مناسب هستند. فایل های کشودار فضای مناسبی برای انبارش متراکم قطعات و انبارش حفاظت شده هستند. ولی برای انبارش قطعات کم مصرف یا به عنوان فضای اختصاصی برای نگهداری حفاظت شده ابزارآلات استفاده می شوند. طبیعت پیکربندی سفارشی این کشوها باعث می شود که برای نگهداری قطعات و ابزاری که کاربرد پیوسته دارند، کمتر مناسب باشند. کابینت های کشودار عموماً گران تر از قفسه بندی استاندارد هستند. اغلب سطح مناسبی از ردیابی نظام مند، به جای ثبت کاغذی، برای مدیریت تعداد زیاد فایل های کشودار لازم است. بطور کلی، تراکم بسیار بالای انبارش و سطح بالای امنیت، باعث می شود که فایل های کشودار یک گزینه قابل بررسی در همه استراتژی های انبارش باشند.

قطعه به نفر: سیستم های قطعه به نفر معمولاً دستگاه های انبارش خودکاری هستند که مزایای زیادی نسبت به روش های استاندارد دارند. این مزایا شامل دسترسی کنترل شده به قطعات و در نتیجه حفاظت و حراست بالاتر از آنها، فرآیندهای ورود و خروجی که به نظارت بر دسترسی و ردیابی کمک می کنند و سهولت دسترسی به فضاهای مرتفع تر است. ویژگی آخر اغلب باعث می شود که تراکم انبارش در واحد سطح انبار اثربخش تر باشد.

²⁵ Pallet Rack



شکل ۷.۵. قفسه های گردان افقی و عمودی

یکی از مهم ترین معایب سیستم های قطعه به نفر، هزینه اولیه بالای آنهاست. پیکربندی دوباره سیستم های انبارش خودکار مشکل تر از روش های سنتی انبارش است؛ همچنین سیستم های خودکار هزینه پیوسته نگهداشت هم دارند که جزو هزینه های بهره برداری از آنهاست. بدون توجه به نگرانی های مربوط به قابلیت پیکربندی و نگهداری، هزینه اولیه بالای این سیستم ها دلیل اصلی استفاده نسبتاً کم از آنها در انبارهاست. با ظهور سیستم های یکپارچه و در نتیجه امکان ترکیب انبارها {ی نگهداشت} با انبارهای تولید و موجودی، این هزینه فقط مختص به واحد نگهداشت نبوده، می تواند بین واحدهای مختلف سازمان توزیع شود. امکان توزیع هزینه های سرمایه گذاری بین واحدهای سازمان، باعث افزایش استفاده از سیستم های انبارش خودکار، به عنوان یک گزینه قابل بررسی در هنگام برنامه ریزی انبار، شده است. سه نوع اصلی انبارش قطعه به نفر در ادامه معرفی می شوند:

قفسه های گردان افقی: این سیستم ها شامل چندین قفسه بندی هستند که روی یک مسیر دورانی نصب شده اند (شکل ۵.۷ سمت چپ). کنترل این قفسه ها می تواند دستی یا بوسیله مدیریت خودکار باشد. به دلیل هزینه پایین تر، استفاده از این قفسه ها هم برای انبارش عمومی و هم انبارش قطعات نگهداشت، در حال افزایش است.

قفسه های گردان عمودی: مشابه قفسه های گردان افقی، قفسه های عمودی هم شامل چندین لایه قفسه بندی هستند (که معمولاً "تشت"^{۲۶} یا "سینی"^{۲۷} نامیده می شوند) که روی یک مسیر دورانی عمودی نصب شده اند (شکل ۵.۷ سمت راست). از آنجا که این قفسه ها عموماً از فلزات سخت ساخته می شوند، فضای بسیار امنی برای انبارش قطعات گران قیمت فراهم می کنند.

²⁶ pan
²⁷ tray

سیستم های انبارش و برگشت خودکار (AS/RS): این سیستم ها ترکیبی از تجهیزات و

کنترل ها هستند که فرآیند جابجایی، انبارش و برگشت کالاهای مورد نیاز را با دقت، صحت و سرعت، با استفاده از سطح تعریف شده ای از اتوماسیون انجام می دهند (شکل ۵.۸). این سیستم ها طیف گسترده ای از سطح اتوماسیون را شامل می شوند، از سیستم های نسبتا ساده، با ماشین های کنترل دستی و قابلیت برداشتن سفارش در ساختارهای انبارش کوچک گرفته، تا سیستم های بسیار بزرگ، با کنترل رایانه ای که بطور کامل در یک فرآیند تولید و توزیع، ادغام و یکپارچه شده اند.

سیستم های AS/RS به سه نوع اصلی تقسیم می شوند: تک دکله^{۲۸}، دو دکله^{۲۹} و کنترل از راه دور. عموما پایه های این سیستم ها روی مسیر مشخصی قرار می گیرند و راهنماهایی هم، مانند ریل های راهنما^{۳۰} یا کانال ها، روی سقف نصب می شوند تا همراهی عمودی آنها حفظ شود. در بعضی مدل ها هم از سقف آویزان می شوند. "شاتل هایی" هم به این سیستم ها کمک می کنند تا بین قفسه های ثابت حرکت کرده، کالای درخواست شده را بردارند یا آن را به جای خود برگردانند (وزن این بار می تواند از کتابی در یک کتابخانه، تا پالت های چند تنی کالا در یک انبار بزرگ باشد). شاتل ها علاوه بر حرکت روی زمین، می توانند تا هر ارتفاعی که لازم باشد بالا بروند، تا به کالا دسترسی پیدا کنند. همچنین می توانند کالاهایی که در چند نقطه مختلف قرار دارند را هم بردارند یا به جای خود برگردانند.

برای اینکه بتوان حداکثر کارایی و عملکرد را از سیستم AS/RS و سامانه جابجایی آن دریافت کرد، ایستگاه هایی ایجاد می شوند تا بارهای ورودی و خروجی را در موقعیت مکانی ذفیق قرار دهند تا برداشتن و حمل آنها توسط جرثقیل انجام شود.

سیستم های انبارش و برگشت خودکار عموما در جاهایی کاربرد دارند که: حجم زیادی کالا به انبار وارد یا از آن خارج می شود؛ به دلیل محدودیت های فضا تراکم انبارش مهم است؛ هیچ ارزش افزوده ای در این فرآیند وجود ندارد؛ یا به دلیل گران قیمت بودن بار، صحت عملیات مهم است.

²⁸ single-masted

²⁹ double-masted

³⁰ guide rails



شکل ۸.۵. سیستم انبارش و برگشت خودکار

بدون توجه به اینکه از چه فناوری ای برای انبارش، برگشت و شناسایی قطعات استفاده می شود، مسأله مهم این است که باید تاریخچه مصرف قطعات-مصالح تحلیل شود تا میزان چرخش و جابجایی مشخص آنها گردد. زمان بازگشت سرمایه، از نظر صرفه جویی ایجاد شده در نیروی انسانی و بهره وری، در هر گزینه ای متفاوت خواهد بود.

۵.۵. ابزار و تکنیک های بهینه سازی

سامانه کنترل موجودی مکانیزه

بیشتر سامانه های مدیریت نگهداشت مکانیزه (CMMS) و سامانه های مدیریت دارایی های سازمان (EAM) مازول کنترل موجودی هم دارند. هر کالایی که خریداری می شود یا به یک دستور کار اختصاص می یابد و به تجهیز خاصی شارژ می شود، در CMMS ثبت می گردد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

در سامانه کنترل موجودی CMMS/EAM موقعیت مکانی ویژه ای به قطعات تخصیص داده شده، تعداد و موقعیت کالاها از طریق این سامانه تأیید می شود. سامانه های CMMS/EAM عموماً می توانند فرمی تولید کنند که موقعیت، شماره پالت، تعداد و شرح کالاها در آن ثبت شود.

باید فرآیندی برای ارزیابی میزان مصرف و زمان انتظار^{۳۱} قطعات پیاده سازی شده، به صورت دوره ای بازنگری شود تا مقادیر حداقل/حداکثر و تعداد سفارش اقتصادی (EOQ)^{۳۲} را تنظیم نماید. تعداد سفارش اقتصادی عبارت است از تعداد سفارشی که هزینه های موجودی کل را کمینه می کند. توجه کنید که هزینه های موجودی کل شامل هزینه های سفارش گذاری و هزینه های انتقال/نگهداری موجودی می شود. قدرت اصلی سامانه کنترل موجودی در یک CMMS در توانایی آن در جمع آوری و تحلیل داده های مصرف نهفته است تا بتواند EOQ را اجرا کرده، توجه بیشتری هم به دسته بندی کالاها داشته باشد. در عوض، این کاربردها به سازمان امکان می دهند که هزینه موجودی خود را بهینه کند.

مدیریت "طول عمر انبارداری"^{۳۳} و نگهداشت پیشگیرانه برای کالاهای انبار شده

اجزا و زیرمجموعه هایی مانند بلوثرها، موتورها، واحدهای موتور-گیربکس و بیرینگ ها باید در زمان انبارداری، به خوبی روانکاری شوند و حتی ممکن است لازم باشد شفت های آنها در بازه های زمانی مشخص چرخانده شود تا خرابی بیرینگ های آنها کاهش یابد. مشخص شده است که انبارش نامناسب می تواند باعث خرابی قطعات شده، عمر آنها را کاهش دهد. به شکل مشابهی، لاستیک و مواد شیمیایی، مانند اورینگ ها، کاسه نمدها، پکینگ ها و چسب ها، طول عمر انبارداری محدودی دارند. همه این مواد باید در سامانه CMMS شناسایی شده، نگهداشت پیشگیرانه یا برنامه مدیریت طول عمر انبارداری برای آنها طراحی گردد.

صحت موجودی

دستیابی به سطح بالایی از دقت در موجودی کالاها، عامل مهمی در موفقیت عملیات انبارداری است. موجودی صحیح به این صورت تعریف می شود: تعداد واقعی و نوع کالاها در موقعیت درست در انبار، که دقیقاً با آنچه در سامانه موجودی CMMS/EAM نشان داده می شود، مطابقت داشته باشد. اگر قطعه، موجودی یا موقعیت آن، در مقایسه با اطلاعات داخل سامانه، درست نباشد، آن موقعیت به عنوان موقعیت خطا قلمداد می شود. از آنجایی که کالاهای خاصی مانند مهره ها و پیچ ها به عنوان اقلام مصرفی در نظر گرفته می شوند، حد محدودی از انحراف در مورد آنها قابل قبول است.

³¹ lead time

³² Economic Order Quantity

³³ Shelf Life

صحت موجودی به دلایل گوناگونی اهمیت دارد. پیامدهای موجودی ناصحیح عبارتند از:

- اگر قطعه در موقعیتی که CMMS نشان می دهد، پیدا نشود، تعمیرات نمی تواند بموقع تمام شود و باعث تأخیر در دسترس پذیری تجهیز برای عملیات می گردد.
- ممکن است شرایط نبودن در انبار (عدم موجودی) اتفاق بیفتد، زیرا اگر تعداد واقعی کمتر از مقدار ثبت شده در سامانه باشد، قطعات بموقع سفارش داده نمی شوند.
- اگر تعداد موجودی ثبت شده در سامانه کمتر از موجودی واقعی باشد، سامانه برای آنها درخواست سفارش مجدد صادر خواهد کرد، حتی اگر واقعا لازم نباشد و در نتیجه، موجودی بیش از نیاز ایجاد خواهد شد.
- کارکنان نگهداشت و عملیات اطمینان خود را به سامانه کنترل موجودی، CMMS و مدیریت انبار از دست خواهند داد. این شرایط می تواند آنها را تشویق کند که کالاهایی را در جعبه ابزار خود یا جاهای دیگری پنهان کنند.

از آنجا که صحت موجودی انبار نگهداشت بسیار مهم است، لازم است که فرآیندی پیاده سازی شود تا اطمینان حاصل گردد که صحت موجودی به میزان ۹۵٪ یا بیشتر حفظ می شود. یعنی در ۹۵٪ مواقع، قطعه یا مواد در موقعیت درست یافت می شود و تعداد داخل قفسه با موجودی ثبت شده در سامانه تطابق دارد.

برای دستیابی به سطح بالایی از صحت موجودی، باید از موارد زیر اطمینان حاصل شود:

- همه قطعات و موادی که براساس دستور خریدی دریافت می شوند باید در یک سیستم کنترل موجودی یا CMMS ثبت شوند.
- اطلاعات اضافی در خصوص قطعات – مانند شماره تماس تولید کننده، شماره سریال، قیمت و طول عمر انبارداری – باید در این سیستم ثبت شوند.
- همه قطعات و موادی که براساس یک دستور کار از انبار خارج می شوند باید به دقت ثبت شده، اطلاعاتی مانند شخص تحویل گیرنده، تجهیزاتی که قطعه در آن استفاده می شود یا پروژه ای که قطعه در آن استفاده می شود، هم نگهداری شوند.
- همه قطعات و موادی که پس از پایان تعمیر یا نگهداشت پیشگیرانه استفاده نشده اند باید به انبار برگردانده شده، در سیستم ثبت شده، در محل نگهداری صحیح شان در انبار قرار داده شوند.



شکل ۹.۵. پالت های آماده سازی قطعات

باید فرآیندی برای شمارش دوره ای و کنترل مکان کالاهای انبار طراحی شود. بسته به اندازه انبار، ارزش کالاها و عوامل دیگری مانند میزان صحت فعلی موجودی انبار، شمارش می تواند به صورت روزانه، هفتگی، ماهیانه یا سالیانه انجام شود. می توان هر یک از کارکنان انبار را مسئول شمارش تعدادی از قفسه ها و پالت ها قرار داد تا آنها را به صورت روزانه یا براساس برنامه زمانی از پیش تعیید نشده ای شمارش کنند. بدین صورت، می توان همه انبار را تحت پوشش شمارش دوره ای، مثلاً شش ماهه یا سالیانه، قرار داد. در بعضی انبارها، بویژه انبارهای مواد مصرفی، که تعداد زیادی کالا مانند کتاب و سی دی به صورت روزانه بسته بندی و خارج می شوند، شمارش موجودی در تعطیلات پایان هفته توسط کارکنان پاره وقت انجام می شود تا از صحت موجودی در ابتدای هفته جدید اطمینان حاصل شود.

فرآیند آماده سازی^{۳۴} قطعات

یکی از کارکردهای انبار، تأمین قطعات، مواد، ابزار و لوازم مصرفی مورد نیاز تکنیسین ها برای انجام کارهای نگهداشت پیشگیرانه و تعمیرات است. انبار می تواند جعبه قطعات نگهداشت پیشگیرانه یا تعمیرات را، پیش از انجام کارهای زمان بندی شده، آماده کند. سامانه CMMS/EAM باید همراه با زمان بندی

³⁴ Kitting

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

کارهای نگهداشت پیشگیرانه یا تعمیرات، درخواست کالاهای مورد نیاز آنها را هم از قبل به انبار ارسال کند تا موجودی کالاهای مورد نظر فراهم شده، قطعات در مکان درست و در روز زمان بندی شده آماده باشند.

قطعات فهرست شده در دستور کار نگهداشت پیشگیرانه از انبار برداشته شده، در یکی از جعبه های آماده سازی قرار می گیرند. جعبه های آماده سازی، جزو موقعیت های مکانی انبار هستند و سامانه کنترل موجودی در CMMS وضعیت آنها را هم ردیابی و کنترل می کند. هنگامی که برداشتن قطعات تکمیل شد، کل جعبه به محل نگهداری جعبه ها منتقل شده، در سامانه ثبت می شود. سپس موقعیت جعبه آماده شده به سرپرست نگهداشت یا برنامه ریز، یا در بعضی موارد تکنیسین، اطلاع داده می شود. در روز برنامه ریزی شده انجام نگهداشت پیشگیرانه یا تعمیرات، تکنیسین جعبه را برداشته، به سامانه کنترل موجودی یا CMMS اطلاع می دهد تا تغییرات لازم اعمال شود. در واقع، در بعضی سازمان ها، پیش از شروع کار، این جعبه و مواد دیگر به نزدیک تجهیز منتقل می شوند. شکل ۹.۵ نمونه ای از این جعبه ها و قفسه های متحرک را نشان می دهد.

هزینه های کل موجودی

واحدهای عملیات و نگهداشت، مشتری های انبار هستند. معمولاً از نظر این مشتری ها کیفیت خدمات عبارت است از در دسترس بودن کالاهای قطعات، مواد و ابزار در زمانی که به آنها نیاز دارند. انبار باید موجودی کافی داشته باشد تا بتواند خدماتی با کیفیت عالی به مشتری ارائه دهد. از سوی دیگر، سطوح موجودی بالا به سرمایه گذاری نیاز دارد. هزینه های موجودی شامل موارد زیر است:

- هزینه نگهداری: هزینه انبارش کالا در انبار
- هزینه سفارش: هزینه سفارش مجدد کالا برای جایگزینی آن
- هزینه نبود کالا: فروش یا تولید از دست رفته، هنگامی که تجهیزیتی به دلیل نبود قطعه در انبار، نمی تواند تعمیر شود و در دسترس واحد عملیات قرار نمی گیرد.

تعداد سفارش اقتصادی (EOQ)

تحلیل تعداد سفارش اقتصادی (EOQ) یکی از تکنیک هایی است که برای بهینه سازی سطوح موجودی از طریق سفارش دهی تعداد "درست" کالا در یک بازه زمانی مشخص استفاده می شود تا هزینه موجودی را کمینه کرده، همزمان نیازهای مشتری را هم برآورده سازد.

EOQ کمک می کند که تعداد سفارش بهینه شود، که هزینه موجودی کل را کمینه خواهد کرد. EOQ اصولاً یک رابطه حسابداری است که نقطه ای را مشخص می کند که ترکیب هزینه های سفارش گذاری و هزینه های نگهداری موجودی در آن نقطه حداقل است. نتیجه این رابطه، اثربخش ترین تعداد سفارش کالا خواهد بود.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

اگرچه ممکن است نتوان EOQ را برای همه وضعیت های موجودی کالا استفاده کرد، ولی بیشتر سازمان ها به این نتیجه رسیده اند که این رابطه حداقل برای برخی جنبه های عملیات آنها مفید است. هر زمان که کالاهایی به صورت تکرار شدنی خریداری می شوند، مانند بیرینگ ها، فیلترها و موتورها، باید EOQ مورد توجه قرار گیرد. EOQ عموماً در عملیاتی توصیه می شود که تقاضا نسبتاً ثابت است. با این وجود، برای کالاهایی هم که تقاضای آنها متغیر است، مثلاً فصلی است، می توان با کاهش دوره زمانی محاسبه EOQ همچنان از این مدل استفاده کرد. در این حالت باید مطمئن شویم که هزینه های مصرف و نگهداری هم براساس همین دوره زمانی محاسبه شده باشند. برای تعیین اثربخش ترین تعداد یک کالا از نظر هزینه، باید از رابطه EOQ استفاده کنیم. رابطه اصلی تعداد سفارش اقتصادی (EOQ) به صورت زیر است:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

که در آن:

D = تقاضا / مصرف، تعداد در سال

S = هزینه سفارش گذاری، به ازای هر سفارش

H = هزینه نگهداری کالا، به ازای هر واحد کالا در سال

اگرچه استفاده از این رابطه تقریباً ساده است، ولی تعیین درست و دقیق هزینه های متغیرهای ورودی آن می تواند چیزی شبیه به یک پروژه باشد. متداول ترین اشتباه در محاسبه EOQ اغراق کردن در برآورد هزینه های سفارش گذاری و نگهداری است.

تقاضای سالیانه

تعداد واحدهایی از یک کالا که در سال مصرف می شود را می توان به عنوان مصرف سالیانه در نظر گرفت.

هزینه سفارش گذاری

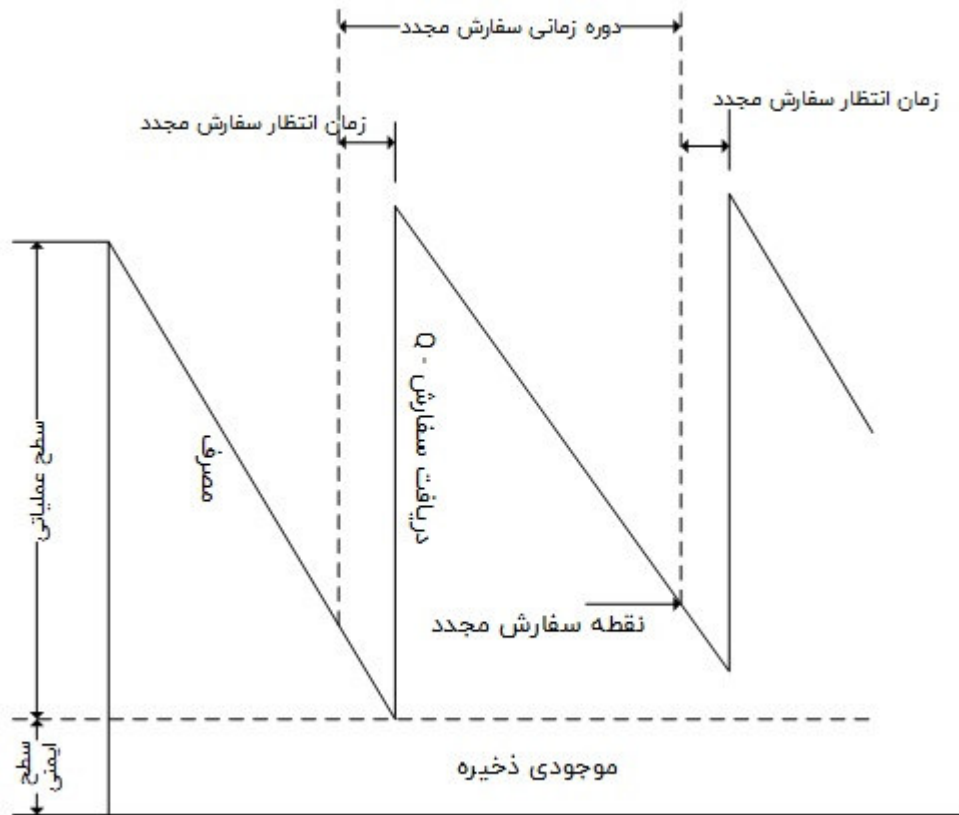
هزینه سفارش گذاری، که به عنوان هزینه خرید هم شناخته می شود، مجموع هزینه های ثابتی است که هر زمان که یک کالا سفارش داده می شود، اتفاق می افتند. این هزینه ها ارتباطی با تعداد کالای سفارش شده ندارند، ولی اصولاً با فعالیت های فیزیکی مورد نیاز برای انجام دادن سفارش مرتبط هستند. میزان تغییرات این هزینه ها زیاد است. طبق یافته های ما هزینه سفارش گذاری، بسته به عواملی مانند اندازه سازمان، بین ۲۰ تا ۲۰۰ دلار به ازای هر سفارش متغیر است. هزینه سفارش گذاری معمولاً شامل هزینه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ثبت سفارش یا تقاضای خرید، همه مراحل تأیید سفارش، هزینه پردازش رسید سفارش، بازرسی های مورد نیاز، پردازش پیشنهادهای قیمت و پرداخت به تأمین کننده است. در بعضی موارد، ممکن است بخشی از هزینه های حمل، انبارش و تحویل کالا^{۳۰} هم در هزینه سفارش گذاری در نظر گرفته شوند. این هزینه ها با تناوب سفارش ها ارتباط داشته، ربطی به تعداد سفارش ندارند.

هزینه نگهداری

هزینه نگهداری، هزینه های مرتبط با در دسترس بودن موجودی را شامل می شود. این متغیر، شامل هزینه فضای لازم برای نگهداری موجودی است. این هزینه در سال، معمولاً بین ۲۰ تا ۳۰ درصد ارزش کالا است.



شکل ۱۰.۵. EOQ و سطوح انبارش

inbound freight^{۳۰}

شکل ۱۰.۵ مفهوم EOQ و سطوح انبارش را به صورت گرافیکی نشان می دهد. در این تصویر، فرض شده است که مقادیر تقاضا-مصرف، نرخ شکست و زمان انتظار ثابت هستند. در واقعیت، تقاضاها همیشه ثابت نیستند و اغلب، دوره زمانی (سیکل) سفارش مجدد هم با زمان تغییر می کند. دو مثال بعدی روش محاسبه EOQ و هزینه های موجودی کل را نشان می دهند.

مثال شماره ۱

یک کارخانه روغن روانکار را در بشکه هایی به حجم ۵۵ گالن خریداری می کند و میانگین مصرف آن در یک سال ۱۳۲ بشکه است. مقدار بهینه سفارش چقدر باید باشد و چند سفارش در سال نیاز است؟ اگر هزینه سفارش ۱۰ دلار افزایش یابد، هزینه کل اضافی سفارش و نگهداری بشکه ها در انبار چقدر خواهد بود؟ داده های کارخانه به شرح زیر است:

الف) هزینه آماده سازی سفارش و دریافت مواد ۶۰ دلار هر سفارش است.

ب) هزینه نگهداری بشکه های روغن ۵۵ گالنی در هر سال ۲۲ درصد است. میانگین هزینه یک بشکه روغن ۵۵ گالنی ۵۰۰ دلار است.

راه حل:

مقدار سفارش بهینه اقتصادی (EOQ) به شرح زیر است:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

که در آن:

D: مصرف سالانه = ۱۳۲

S: هزینه سفارش = ۶۰ دلار

H: هزینه نگهداری سالانه = ۲۲٪ هزینه کالا

$$H = 0.22 \times \$500 = \$110$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 132 \times 60}{110}} = 12$$

در نتیجه، مقدار سفارش اقتصادی (EOQ) برابر ۱۲ بشکه در هر سفارش خواهد بود.

میانگین تعداد بشکه های روغن در دسترس = $Q/2 = 6$ بشکه

تعداد سفارش ها در سال = $Q/D = 132/12 = 11$ سفارش در سال

هزینه کل سالانه (TC) سفارش و نگهداری بشکه های روغن در انبار:

$$TC = \frac{Q}{2}H + \frac{Q}{D}S = \frac{12}{2}(110) + \frac{132}{12}(60) = \$660 + \$660 = \$1320/\text{year}$$

اگر هزینه سفارش از ۶۰ دلار به ۷۰ دلار در هر سفارش افزایش یابد، EOQ و هزینه کل (TC) جدید را می توان به شکل زیر محاسبه کرد:

$$EOQ (New) = \sqrt{\frac{2 \times 132 \times 70}{110}} = 13$$

در نتیجه، مقدار سفارش اقتصادی (EOQ) جدید برابر ۱۳ بشکه در هر سفارش خواهد بود.

تعداد سفارش ها در سال $Q/D = (Q) = 132/13 \cong 10$ سفارش در سال

در این حالت، هزینه کل سالانه (TC) سفارش و نگهداری بشکه های روغن برابر خواهد بود با:

$$TC = \frac{Q}{2}H + \frac{Q}{D}S = \frac{13}{2} \times (110) + \frac{132}{13} \times (70) = \$715 + \$710 = \$1425/\text{year}$$

یعنی افزایش ۱۰ دلاری در هزینه سفارش دهی، باعث می شود که هزینه کل ۱۰۵ دلار افزایش پیدا کند و از ۱۳۲۰ دلار در سال به ۱۴۲۵ دلار در سال برسد.

مثال شماره ۲

واحد نگهداشت یک کارخانه بطور میانگین ۱۰ جفت دستکش ایمنی در روز مصرف می کند. کارخانه ۳۰۰ روز در سال فعال است. هزینه انبارش و دسترسی برای هر جفت دستکش ۳ دلار و هزینه پردازش هر سفارش ۲۵ دلار است.

الف) مقدار سفارش بهینه و هزینه کل سفارش و نگهداری این کالا چقدر خواهد بود؟
ب) اگر هزینه نگهداری به ازای هر جفت دستکش ۰/۵ دلار افزایش یابد، مقدار سفارش بهینه و هزینه کل نگهداری این کالا در انبار چقدر خواهد بود؟

راه حل:

الف- داده های زیر موجود است:

D: تقاضای سالانه $= 300 \times 10 = 3000$ جفت

S: هزینه سفارش $= 25$ دلار به ازای هر سفارش

H: هزینه نگهداری سالانه $= 3$ دلار برای هر جفت دستکش

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 300 \times 25}{3}} = 224$$

در نتیجه، مقدار سفارش اقتصادی (EOQ) برابر ۲۲۴ جفت دستکش در هر سفارش خواهد بود.

تعداد سفارش ها در سال $Q/D = (Q) = 3000/224 \cong 13$ سفارش در سال

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

هزینه کل سفارش و نگهداری دستکش های ایمنی (TC) برابر خواهد بود با:

$$TC_{224} = \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S = \frac{224}{2} \times (3) + \frac{3000}{224} \times (25) = \$336 + \$335 = \$671/\text{year}$$

اگر مقدار سفارش را به ۲۵۰ جفت در هر سفارش تغییر دهیم، TC جدید برابر خواهد بود با:

$$TC_{250} = \frac{250}{2} \times (3) + \frac{3000}{250} \times (25) = \$375 + \$300 = \$675/\text{year}$$

اگر مقدار سفارش را به ۲۰۰ جفت در هر سفارش تغییر دهیم، TC جدید برابر خواهد بود با:

$$TC_{200} = \frac{200}{2} \times (3) + \frac{3000}{200} \times (25) = \$300 + \$375 = \$675/\text{year}$$

یعنی، مقدار سفارش ۲۰۰ یا ۲۵۰ باعث می شود که هزینه کل سفارش و نگهداری یکسان باشد. بنابراین، می توانیم مقدار سفارش بهینه (EOQ) را ۲۰۰ جفت دستکش در هر سفارش در نظر بگیریم.

ب- اگر هزینه نگهداری به ازای هر جفت به ۳/۵ دلار افزایش یابد:

D: تقاضای سالانه = ۳۰۰ × ۱۰ = ۳۰۰۰ جفت

S: هزینه سفارش = ۲۵ دلار به ازای هر سفارش

H: هزینه نگهداری سالانه = ۳/۵ دلار برای هر جفت دستکش

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 300 \times 25}{3.5}} = 207$$

در نتیجه، مقدار سفارش اقتصادی (EOQ) برابر ۲۰۷ جفت دستکش در هر سفارش خواهد بود.

تعداد سفارش ها در سال $Q/D = (Q) = 3000/207 \cong 15$ سفارش در سال

هزینه کل سفارش و نگهداری دستکش های ایمنی (TC) برابر خواهد بود با:

$$TC_{207} = \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S = \frac{207}{2} \times (3.5) + \frac{3000}{207} \times (25) = \$362 + \$362 = \$724/\text{year}$$

اگر مقدار سفارش را به ۲۰۰ جفت در هر سفارش تغییر دهیم، TC جدید برابر خواهد بود با:

$$TC_{200} = \frac{200}{2} \times (3.5) + \frac{3000}{200} \times (25) = \$350 + \$375 = \$725/\text{year}$$

با افزایش هزینه نگهداری از ۳ دلار به ۳/۵ دلار برای هر جفت دستکش، EOQ جدید همچنان ۲۰۰ است، ولی هزینه کل سفارش و نگهداری دستکش های ایمنی به ۷۲۵ دلار در سال افزایش خواهد یافت.

فناوری های جدید

فناوری جدیدی مانند بارکد، دستگاه شناسایی با فرکانس رادیویی (RFID)^{۳۶} و دستگاه های قابل حمل جمع آوری داده ها، مانند آنهایی که در فروشگاه ها یا سیستم های کنترل موجودی FedEx به کار می روند، می توانند به بهبود بهره وری عملیات انبارداری کمک کنند. معرفی بارکد، سیستم هویت یابی خودکار و اکنون فناوری RFID در انبارها، بهبود قابل توجهی را در بهره وری انبار، دقت کنترل موجودی و از بین بردن خطاها به همراه داشته است. استفاده از این فناوری های جدید در انبارها، به عنوان یک راهکار برتر شناخته می شود.

فناوری شناسایی خودکار

هیچ مبحثی درباره انبارش قطعات کامل نخواهد بود، بدون اینکه درمورد فناوری شناسایی خودکار هم صحبت شود. اگرچه فناوری شناسایی خودکار از سال ها پیش در عملیات توزیع استفاده می شد، استفاده از آن - به طور عمده به استفاده از CMMS مرتبط است - تنها اکنون در حال افزایش است. در حالی که یک سیستم نگهداشت مجزا (به خصوص یک سیستم کوچکتر) ممکن است با ورود و ردیابی دستی قطعات هم خوب کار کند، ولی یکپارچه سازی آن با سیستم های انبارش قطعات در فرآیندهای ساخت و توزیع، تقریباً بطور قطعی باعث تضمین سرمایه گذاری و استفاده از شکلی از فناوری شناسایی خودکار خواهد شد. در ادامه دو فناوری شناسایی خودکار رایج را بررسی می کنیم: بارکد و شناسایی با فرکانس رادیویی (RFID).

بارکد: یک بارکد، آرایه ای از نوارهای موازی و فضاهای میانی است که براساس یک نمادشناسی^{۳۷} خاص چیده شده اند که به دستگاه های اسکنر خودکار اجازه می دهد آنها را بخوانند. بارکدها بیش از سه دهه است که در عملیات توزیع و خرده فروشی استفاده می شوند و اکنون شناخته شده و رایج هستند. با اینحال، تنها در سال های اخیر، سازمان های نگهداشت به سرعت شروع به پیاده سازی سیستم بارکد در انبارها کرده اند. استفاده از بارکدها، اگر با یک فرآیند انبارش نظام مند ترکیب شود، می تواند به طور واقعی خطاهای شناسایی اشتباهی قطعات و انتخاب قطعات نادرست را از بین ببرد و به طور چشمگیری کارایی ردیابی قطعات و تجهیزات قابل استفاده مجدد را افزایش دهد. ردیابی خودکار بارکد، مبنایی برای پیاده سازی سامانه ردیابی نظام مند کد شناسایی و پیشینیزی برای هر استراتژی انبارش اثربخش است. سازمان هایی که در حال حاضر از بارکدها برای انبارها استفاده نمی کنند، باید در آینده نزدیک استفاده از آنها را بررسی کنند.

به طور کلی، مزایای استفاده از بارکد شامل موارد زیر است:

³⁶ Radio Frequency Identification Device

³⁷ symbology

- اطلاعات صحیح و به هنگام بیشتر
- خدمات سریعتر
- ساده سازی کار برای کارکنان
- کاهش هزینه های نیروی کار
- بهره وری بالاتر نسبت به شمارش و ثبت دستی
- اطلاعات موجودی دقیق تر

در این فصل، بسیاری از راهکارهای نگهداشت مورد بحث قرار گرفته است. بیشتر آنها، بسته به موقعیت شما در سفرتان به سوی تعالی در نگهداشت، خوبترین روش ها یا راهکارهای برتر هستند. همه آنها هنگامی که پیاده سازی شده، برای تناسب با محیط شما سفارشی سازی شوند، می توانند کنترل بهتری بر موجودی و خدمات داشته، فعالیت های نگهداشت و خرید کارآمدتری فراهم کنند. به عنوان مثال، زمانی که یک سازمان عملیات نگهداشت خود را با هدف ثبت همه هزینه های نیروی کار و مواد مصرفی استفاده شده برای تجهیزات خاص بازطراحی کرد، به هر بخش تجهیز یک برچسب فلزی دارای بارکد اختصاص داد. این کار باعث حذف همه هزینه های نیروی کار و مواد مصرفی مرتبط با انجام کار اشتباه شد و صدها ساعت زمان صرفه جویی ایجاد کرد، زیرا کارکنان دیگر نیازی به پر کردن فرم ها و وارد کردن آنها به سیستم نداشتند. این تغییر همچنین برای ۱۰۰ درصد فرآیند جمع آوری داده ها هم انجام شد. سازمان از این اطلاعات استفاده کرد تا برنامه نگهداشت پیشگیرانه مقرون به صرفه ای را توسعه دهد.

دستگاه شناسایی با فرکانس رادیویی: RFID فناوری شناسایی و جمع آوری خودکار داده ها است که با استفاده از امواج رادیویی، برای انتقال داده بین یک خواننده^{۳۸} (ارسال کننده)^{۳۹} و اقلامی که دارای برچسب های ثابت هستند (فرستنده ها)^{۴۰}، استفاده می شود. برخلاف بارکدها که برای بیشتر مردم آشنا و شناخته شده هستند، RFID هنوز در صنعت به صورت محدود و در عملیات نگهداشت هم حتی کمتر استفاده می شود. RFID در بسیاری از جنبه ها به بارکدگذاری شباهت دارد، به این معنی که هر دو از برچسب های چسبانده شده به قطعات برای شناسایی آنها استفاده می کنند؛ و هر دو از خواننده های خاص برای خواندن داده های برچسب ها استفاده می کنند. اما تفاوت اصلی در این است که RFID از امواج رادیویی برای خواندن داده های برچسب استفاده می کند، در حالی که خواننده های بارکد از امواج نوری (اسکنر لیزری) استفاده می کنند.

اگرچه RFID هنوز در مراحل اولیه بکارگیری است، ولی چندین مزیت متمایز نسبت به بارکد سنتی دارد که عبارتند از:

³⁸ reader

³⁹ interrogator

⁴⁰ transponders

- نیاز به دید مستقیم ندارد
- توانایی خواندن / نوشتن برچسب پویا دارد
- توانایی خواندن و شناسایی همزمان چندین برچسب را دارد
- قابل استفاده در محیطهای سخت است

بسیاری از سازمانها برنامه‌های RFID را بصورت آزمایشی امتحان کرده‌اند و تعداد در حال افزایشی هم در حال استفاده فعال از فناوری RFID در انبارهای شان هستند. برخی از حوزه های صرفه‌جویی مستند شامل موارد زیر است:

- کاهش هزینه کنترل موجودی و تدارکات
- کنترل پیکربندی دقیق و تاریخچه تعمیرات
- ردیابی زمان نصب و حذف قطعات
- ردیابی دقیق و کارآمد قطعات
- کاهش هزینه دریافت قطعات
- حذف خطاهای ورود داده
- بهبود ردیابی قطعات
- کاهش خطر قطعات غیرتایید شده

همه ی سازمان‌های نگهداشت، حتی آنهایی که در حال حاضر هیچ کنترل سیستمی ندارند، باید استفاده از RFID را هم در انبار قطعات خود و هم به طور مستقیم روی تجهیزات خود، برای شناسایی برچسب های برنزی، مورد بررسی قرار دهند. به دلیل توسعه سریع استفاده از RFID در صنعت، احتمالاً به زودی این فناوری می‌تواند جایگزین بارکدها به عنوان استاندارد جدید صنعتی برای شناسایی خودکار قطعات یا دارایی‌ها شود.

۶.۵ سنجش عملکرد

شاخص های عملکرد گوناگونی کارایی عملیات انبار را اندازه‌گیری می کنند. برخی از این شاخص‌های کلیدی عبارتند از:

۱. **درصد موجودی غیرفعال.** تعداد کالاهای غیرفعال (SKU) / کل کالاهای صادر شده.

۲. **درصد طبقه‌بندی.** اقلام موجودی، براساس معیاری که توسط سازمان تعیین شده است، به سه دسته (A، B و C) تقسیم می‌شوند. معیارها می توانند مواردی مانند تولید منفعت، یا ارزش باشند. عموماً دسته A حدود ۲۰ درصد از تعداد کالاها و ۷۵ تا ۸۰ درصد از ارزش کل کالاها را دربرمی گیرد.

۳. انحراف موجودی (عدم دقت). تفاوت بین تعداد، مقدار یا حجم واقعی یک قلم موجودی و موجودی ثبت شده در سوابق است. این تفاوت‌ها در گزارش انحراف خلاصه می شوند که برای ثبت و حل و فصل مشکلات کنترل موجودی استفاده می شود.

۴. سطح خدمات. سطح موجودی ای که در آن، تقاضا برای یک کالا می تواند از موجودی در دسترس تأمین شود، معمولاً به آن درصد سفارش رضایت بخش هم گفته می شود.

۵. درصد هزینه‌ی موجودی به ارزش کارخانه. هزینه کل موجودی تقسیم بر ارزش جایگزینی کارخانه است.

۶. نرخ افت (کاهش) موجودی. هزینه مواد / اقلام از دست رفته بدلیل استهلاک، قدیمی شدن، سرقت و / یا ضایعات، تقسیم بر هزینه کل موجودی است.

۷. درصد موجودی مدیریت شده توسط فروشنده (VMI).^{۴۱} توافق بر تأمین مجدد موجودی که در آن فروشنده (تأمین کننده) موجودی مشتری را با نفرات خودش پایش می کند یا اطلاعات موجودی را از مشتری دریافت می کند. سپس فروشنده به طور خودکار موجودی را تأمین می کند، بدون اینکه مشتری سفارش خریدی صادر کند. این شاخص، از تقسیم اقلام مدیریت شده توسط VMI بر کل اقلام موجودی به دست می آید.

۸. نرخ رشد موجودی در تعداد اقلام و تأمین کنندگان. این معیار ارزیابی می کند که چند مورد کالای دیگر به فهرست موجودی اضافه شده است. هدف کاهش تعداد اقلام انباری با استانداردسازی یا مدیریت کالا توسط فروشندگان / تأمین کنندگان در انبار خودشان و تحویل بموقع آنها در زمان نیاز ما است. به همین منظور، ما نیز تعداد تأمین کنندگان / فروشندگان را ردیابی می کنیم.

۹. درصد نبود موجودی.^{۴۲} تعداد نبود موجودی در انبار / کل اقلام صادر شده. می تواند شامل روند سال های گذشته باشد.

⁴¹ Vendor Managed Inventory

⁴² Stock-out

۱۰. نسبت گردش موجودی^{۴۳}. تعداد دفعاتی که موجودی کالای یک سازمان در یک دوره ی حسابداری فروخته می شود. این شاخص با تقسیم ارزش موجودی درخواست شده بر ارزش میانگین موجودی در یک دوره ی حسابداری محاسبه می شود.

یک راهکار برتر این است که این معیارهای عملکرد را به طور منظم ردیابی کنید تا بهبودهای انجام شده را ارزیابی کرده، یا اهداف بهبود را تعیین کنید.

۷.۵ خلاصه

شرایط پیوسته در حال تغییر کسب و کار، واحدهای نگهداشت را مجبور به بررسی فرآیندهای عملیاتی خود و یافتن راههایی برای اجرای ناب تر، سریع تر و کارآمدتر فعالیت های خود می کند. اگر انبارها با واحدهای خرید، عملیات و برنامه ریزی مواد یکپارچه نشوند، هیچگونه بهینه سازی در استراتژی نگهداشت موفق نبوده، اغلب منجر به کاهش کارآمدی کلی سازمان کلی خواهد شد. مدیریت کارآی موجودی / مواد و ذخیره سازی قطعات یک استراتژی کلیدی است که نمی توان آن را نادیده گرفت. اصول انبارش کارآمد، مانند انبارش قطعات از پیش تهیه شده و نگهداری قطعات در نزدیکی محل استفاده، می تواند به طور قابل توجهی عملکرد انبار نگهداشت را بهبود ببخشد. سپس می توان بهترین تجهیزات برای انبارش قطعات را انتخاب کرد که با استراتژی کلی انبارداری سازمان هماهنگ باشد و نیازهای نگهداشت و عملیات را برآورده کند. به اشتراک گذاشتن تجهیزات انبارداری اغلب منجر به این می شود که اتوماسیون انبار قابل توجهی باشد و می تواند به بهبود کارآیی نه تنها در واحد نگهداشت بلکه در سراسر سازمان منجر شود.

تقریباً همه فعالیت های نگهداشت زمان بندی شده نیاز به مواد و قطعات مشخصی برای انجام کار دارند. برنامه ریزی از قبل برای فرآیندهای نگهداشت و پیش آماده سازی قطعات می تواند به طور قابل توجهی کارآیی نگهداشت را افزایش داده، زمان انتظار (بیکاری) کارکنان نگهداشت را کاهش دهد.

قطعات نگهداری شده در موجودی که فقط در صورت خرابی برنامه ریزی نشده تجهیز استفاده می شوند، قطعات یدکی اساسی هستند. فعالیت های نگهداشت برنامه ریزی شده، قطعاتی را به طور منظم و تکرارپذیر مصرف می کنند. مصرف قطعات در این دو دسته فعالیت، اساساً متفاوت است و بنابراین استراتژی انبارش هر کدام باید متفاوت باشد. یک جنبه ی اصلی انبارش قطعات یدکی، ایجاد تعادل بین دسترسی و هزینه انبارداری است. ردیابی مصرف همه قطعات بر مبنای کاربر، وظیفه، محل و غیره، امکان گزارش دهی و تحلیل الگوهای مصرف خاص را فراهم می کند. به ویژه در مورد مواد مصرفی، خود عمل ردیابی مصرف آنها، آگاهی را افزایش داده، کلیت مصرف خواهد کاهش یافت.

ابزارهایی مانند تحلیل و EOQ باید برای بهینه سازی موجودی استفاده شوند. مزایای بهینه سازی مواد و قطعات یدکی شامل کاهش هزینه های موجودی، حذف یا کاهش زمان انتظار کارکنان فنی و کاهش

⁴³ Inventory Turnover Ratio

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضانی

برگشت کالا است. تصمیم در مورد اینکه کدام قطعات یدکی باید در موجودی قرار داده شود، نباید براساس توصیه‌های فروشندگان، بلکه براساس تحلیل های FMEA / RCM، هزینه‌های انبارداری، زمان تأمین و تأثیر در عملیات، اگر قطعات یدکی موجود نباشند، گرفته شود.

نگهداری تمامی قطعات حیاتی در موجودی می‌تواند منجر به هزینه‌های انبارداری بسیار بالا شود. همکاری با صنایع و فروشندگان محلی برای به اشتراک گذاشتن برخی از قطعات حیاتی می‌تواند به عنوان یک گزینه قابل بررسی در نظر گرفته شود. حذف موجودی بلااستفاده فقط با مذاکره در مورد کنترل امکان تأمین مجدد و برقراری اعتماد با فروشندگان امکان پذیر است.

روی پیاده سازی راهکارهای برتر زیر تمرکز کنید تا بتوانید اثربخشی انبار را بهبود دهید:

- فرهنگ سازی برای تأکید بر اینکه انبار یک واحد خدمات دهنده است و هدف آن ارائه قطعه – مواد مناسب، در محل مناسب و در زمان مناسب است.
- اطمینان از صحت موجودی.
- انجام شمارش دوره‌ای روزانه / هفتگی به عنوان بخشی از عملیات معمول انبار.
- استفاده از شناسایی خودکار برای ساده‌سازی ورود داده‌ها و کاهش خطاها.
- ساخت کیت‌های از پیش آماده شده قطعات نگهداشت پیشگیرانه / تعمیرات.
- تعیین زمان ماندگاری⁴⁴ و اجرای برنامه PM برای اقلام انبار شده.
- حصول اطمینان از اینکه همه قطعات – مواد به تجهیزات / دارایی های صحیح اختصاص می‌یابند.
- تعیین KPI برای اندازه‌گیری و ردیابی عملکرد.

۸.۵ پرسش های خودآزمایی

- ۱.۵ موجودی‌های ورودی به یک کارخانه عموماً به چه دسته هایی طبقه‌بندی می‌شوند؟
- ۲.۵ طبقه بندی ABC موجودی چه معنایی دارد ؟
- ۳.۵ بحث کنید که چگونه هزینه موجودی بهینه می‌شود؟
- ۴.۵ چگونه یک انبار را سازماندهی خواهید کرد؟ در مورد ویژگی‌های کلیدی یک انبار کوچک بحث کنید که از شما خواسته شده است تا آن را طراحی کنید.
- ۵.۵ چرا صحت موجودی مهم است؟ چه کاری برای بهبود آن انجام می‌دهید؟
- ۶.۵ چه عوامل کلیدی در محاسبه EOQ مورد استفاده قرار می‌گیرند؟
- ۷.۵ مزایای استفاده از تکنولوژی RFID برای برچسب‌گذاری اقلام موجودی – مواد چیست؟

⁴⁴ Shelf life

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- پ ۸.۵. نسبت گردش موجودی چیست؟ ردیابی این نسبت چه مزایایی دارد؟
- پ ۹.۵. سه معیار کلیدی عملکرد را برای مدیریت کارآمد انبار MRO بیان کنید.
- پ ۱۰.۵. معنای زمان ماندگاری چیست؟ چه کاری برای بهبود آن باید انجام شود؟

۹.۵. منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Blanchard, Benjamin. *Logistics Engineering & Management*, 6th Edition., Prentice Hall, 2003.
2. Brown, Michael. *Managing Maintenance Storeroom*. Wiley Publishing, 2004.
3. Orsburn, Douglas K. *Spares Management Handbook*. McGraw Hill, 1991.
4. Conference Proceedings. Reliabilityweb.com, 2005-2010.

فصل ۶

اندازه گیری و طراحی برای قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری

"دیوانگی است که همان کار را مرتباً تکرار کنید و انتظار داشته باشید که نتایج متفاوتی بگیرید."
- آلبرت اینشتین

۱.۶ مقدمه

۲.۶ واژگان و تعاریف کلیدی

۳.۶ تعریف و اندازه گیری قابلیت اطمینان و اصطلاحات دیگر

۴.۶ طراحی و ساخت برای نگهداشت و قابلیت اطمینان

۵.۶ خلاصه

۶.۶ پرسش های خودآزمایی

۷.۶ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل، قادر خواهید بود:

- قابلیت اطمینان و اهمیت آن را درک کنید
- قابلیت اطمینان، در دسترس بودن^۱ و قابلیت نگهداشت^۲ را محاسبه کنید
- قابلیت اطمینان را اندازه گیری و تعیین کنید
- طراحی ها را برای قابلیت اطمینان بررسی کنید
- تأثیر هزینه های عملیات و نگهداشت بر هزینه عمر دارایی را توضیح دهید.

۱.۶ مقدمه

قابلیت اطمینان دارایی ها برای بسیاری از سازمان ها یک نقطه کانونی است. این موضوع برای بسیاری از شرکت های پیشرو منبع مزیت رقابتی است. این موضوع به عنوان محور اصلی تلاش واحدهای نگهداشت برای بهبود عملکرد آنها شناخته می شود. برای برخی، قابلیت اطمینان شناسایی کردن کارهای درست و

¹ availability

² maintainability

مترادف با نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)³ است. با این حال، قابلیت اطمینان تنها RCM نیست و معنای بسیار گسترده تری دارد. درک اصطلاح قابلیت اطمینان و تفاوت آن با نگهداشت، کلید ایجاد یک برنامه موفق برای بهبود قابلیت اطمینان در هر سازمان است. در این فصل، ما اصطلاحات کلیدی مرتبط با قابلیت اطمینان را تعریف کرده، عوامل مهمی را بررسی خواهیم کرد که باعث می شود قابلیت اطمینان دارایی ها و کارخانجات بهبود یابد.

چیستی و چرایی قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان یک اصطلاح بسیط است که روی توانایی یک دارایی یا تجهیز برای انجام کارکرد مورد نظر جهت پشتیبانی از تولید یا ارائه خدمات تمرکز دارد. بسیاری از کتاب های نوشته شده درباره قابلیت اطمینان روی نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) متمرکز هستند. قابلیت اطمینان تنها RCM نیست. RCM یک روش پیش کنشی⁴ است که از اصول قابلیت اطمینان برای شناسایی کارهای درست برای نگهداشت یک دارایی در شرایط مورد نظر استفاده می کند، تا آن تجهیز بتواند کارکرد مورد نظر را به طور پیوسته انجام دهد. در واقع، RCM ابزار بهینه سازی PM برای تعریف فعالیت های نگهداشت "درست" است. در موثرترین و پذیرفته شده ترین شکل آن، RCM شامل هفت مرحله ساختاریافته برای ایجاد برنامه نگهداشت برای یک تجهیز خاص است. هنگامی که سازمان ها نخستین بار برای بهبود قابلیت اطمینان تلاش می کنند، تصور می کنند در حال پیاده سازی RCM هستند، ولی در واقع RCM با ابتکارات بهبود قابلیت اطمینان متفاوت است. در مورد جزئیات فرآیند RCM در فصل ۸ صحبت خواهیم کرد.

بهبود قابلیت اطمینان دارایی برای موفقیت هر سازمان، بویژه در فعالیتهای عملیات و نگهداشت آن، مهم است. برای این کار، ما نیاز داریم تا هم قابلیت اطمینان و هم نگهداشت و همچنین شیوه ارتباط آنها را درک کنیم. قابلیت اطمینان توانایی یک دارایی برای انجام یک کار مورد نیاز تحت شرایطی خاص برای یک دوره مشخص به نام زمان ماموریت⁵ است. سه عنصر کلیدی قابلیت اطمینان دارایی عبارتند از کارکرد دارایی، شرایطی که دارایی در آن فعالیت می کند و زمان ماموریت. واژه *دارایی های قابل اطمینان* به معنی این است که تجهیزات و کارخانه برای استفاده در زمان نیاز در دسترس هستند و در طول دوره زمانی مشخصی بدون خرابی کارکرد مورد نظر خود را انجام خواهند داد. قابلیت اطمینان یک ویژگی طراحی است و باید هنگام طراحی، ساخت و نصب دارایی "در تجهیز تعبیه شود".

از سوی دیگر، نگهداشت⁶ عمل حفظ کردن، یا کار نگهداری دارایی در شرایط عملیاتی مناسب است. نگهداشت ممکن است شامل فعالیت های بازرسی و تعمیر باشد تا دارایی ها به صورت ایمن و با قابلیت های طراحی شده کار کنند. این اقدامات می توانند شامل اقدامات نگهداشت پیشگیرانه (PM) و نگهداشت

³ Reliability Centered Maintenance

⁴ proactive

⁵ mission time

⁶ maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

اصلاحی (CM)^۷ باشند. بنابراین نگهداشت، دارایی‌ها را در شرایط کاری قابل قبول حفظ می‌کند، جلوی خرابی آنها را می‌گیرد و در صورت خرابی، آنها را با حداکثر سرعت ممکن و بصورت اثربخش به سطح عملیاتی پیشین باز می‌گرداند.

قابلیت نگهداشت یکی دیگر از اصطلاحات مرتبط با قابلیت اطمینان است که باید درک شود. این قابلیت، یک ویژگی طراحی دیگر است که همراه با قابلیت اطمینان می‌آید. این ویژگی سهولت نگهداشت تجهیز را نشان می‌دهد. هدف قابلیت نگهداشت، اطمینان از این است که فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات به راحتی، به صورت ایمن و به طور اثربخش انجام می‌شود. ویژگی‌های قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت معمولاً از طریق استفاده از قطعات قابل اطمینان، قابلیت تعویض آسان تر و امکان بازرسی ساده‌تر در زمان طراحی تجهیز به آن افزوده شده، برای کمینه کردن نیازهای نگهداشت به کار گرفته می‌شوند.

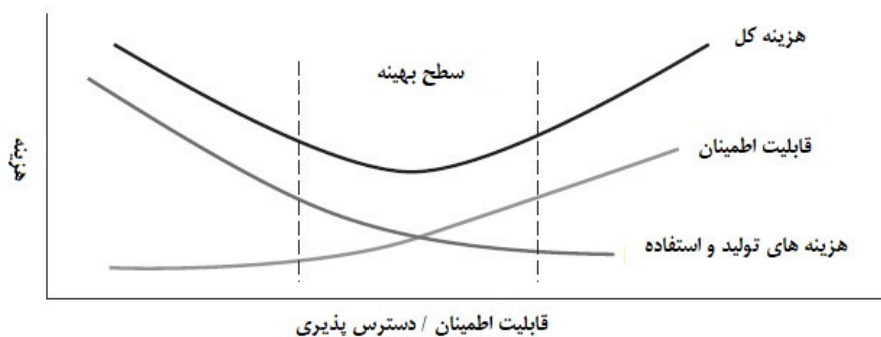
با این تعاریف، تفاوت‌ها واضح تر می‌شوند. قابلیت اطمینان یک ویژگی ذاتی تجهیز و یک کار استراتژیک است. نگهداشت باعث حفظ کارکرد دارایی می‌شود و یک کار تاکتیکی است. نگهداشت تجهیز قابلیت اطمینان آن را بهبود نمی‌دهد، بلکه فقط آن را حفظ می‌کند. بهبود قابلیت اطمینان نیاز به بازطراحی یا جایگزینی با قطعات بهتر و قابل اطمینان دارد. بهبود قابلیت اطمینان نیاز به یک تفکر جدید و یک الگوی^۸ جدید دارد. بجای پرسیدن اینکه چگونه می‌توان عملکرد یک دارایی خراب را به کاراً و اثربخش بازاری کرد، باید بررسییم چه کاری می‌توانیم به صورت پیش کنشی انجام دهیم تا دارایی در زمینه برآورده کردن نیازهای کسب و کار و عملیات دچار شکست نشود.

یکی از چالش‌های این گذار، این باور است که ما باید برای به حداکثر رساندن قابلیت اطمینان دارایی‌ها تلاش کنیم. با این حال، مشاهده شده است که تضمین قابلیت اطمینان ۱۰۰٪ - هر چند هدف بزرگی است - اغلب منجر به هزینه‌های بالایی در زمینه تملک و خرید تجهیز خواهد شد و همچنین ممکن است نیاز به سطح بالایی از نگهداشت داشته باشد تا قابلیت اطمینان بالا حفظ شود. این استراتژی ممکن است به لحاظ هزینه‌ای بهینه نبوده، همچنین ممکن است بصرفه نباشد. باید نیازهای قابلیت اطمینان یک دارایی یا کارخانه را با هدف پشتیبانی از نیازهای اساسی کسب و کار تعریف کرد. سپس، با تمرکز بر هزینه‌های کلی کسب و کار، متوجه می‌شویم که شاید نیاز به سطح قابلیت اطمینان متفاوت و برنامه نگهداشت دیگری با هزینه‌های بصره‌تر داشته باشیم.

همانطور که در شکل ۶.۱ نشان داده شده است، باید سطح مناسبی از قابلیت اطمینان را برای حصول به هزینه کلی بهینه پیدا کنیم. این نمودار هزینه تولید یا هزینه استفاده، که شامل هزینه‌های عملیاتی و زمان توقف تجهیز می‌شود را در برابر هزینه قابلیت اطمینان (و نگهداشت) نشان می‌دهد.

⁷ corrective maintenance

⁸ paradigm



شکل ۶.۱. اقتصاد قابلیت اطمینان/دسترس پذیری

چرا قابلیت اطمینان مهم است؟

قابلیت اطمینان به چندین دلیل مهم است، از جمله:

- **رضایت مشتری:** دارایی‌های قابل اطمینان نیازهای مشتریان را به موقع و در هر زمانی برآورده خواهند کرد. در برابر این، دارایی غیر قابل اطمینان باعث کاهش شدید رضایت مشتری می‌شود. بنابراین، قابلیت اطمینان بالا یک الزام ضروری برای کسب رضایت مشتری است.
- **حسن شهرت:** شهرت یک سازمان به طور نزدیک با قابلیت اطمینان خدمات آن مرتبط است. هر چه دارایی‌های کارخانه‌ای قابل اطمینان تر باشند، احتمالاً سازمان شهرت مطلوب‌تری خواهد داشت.
- **هزینه‌های عملیات و نگهداشت (O&M):** عملکرد نامناسب دارایی‌ها باعث هزینه‌های بیشتری در عملیات و نگهداشت می‌شود.
- **ارتباط مجدد با مشتری:** دارایی‌ها و کارخانجات قابل اطمینان تضمین می‌کنند که نیازهای مشتری به موقع برآورده شود. رضایت مشتری باعث ارتباط مجدد او شده، تأثیر مثبتی روی آینده کسب و کار می‌گذارد.
- **مزیت رقابتی:** بسیاری از شرکت‌های پیشرو و الهام بخش تلاش برای دستیابی به قابلیت اطمینان / قابلیت دسترسی بالا در کارخانجات و دارایی‌هایشان را آغاز کرده‌اند. در نتیجه تأکید بیشتر روی برنامه‌های بهبود قابلیت اطمینان کارخانه، آنها نسبت به رقبای خود مزیت بیشتری کسب می‌کنند.

قابلیت اطمینان در مقایسه با کنترل کیفیت

در یک فرآیند تولید، کنترل کیفیت (QC) مربوط می‌شود به اینکه این فرآیند چگونه مشخصات لازم برای تضمین کیفیت پایدار محصول را برآورده می‌کند. هدف این است که یک دارایی و اجزای آن با استانداردهای کیفیت بالا تولید و مونتاژ شوند و مشخصات طراحی شده را برآورده کنند. بنابراین، کنترل

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

کیفیت یک تصویر لحظه ای از برنامه کیفیت فرآیند تولید در یک زمان خاص است. قابلیت اطمینان معمولاً مربوط می شود به خرابی ها پس از اینکه یک دارایی راه اندازی شده باشد و کل چرخه عمر دارایی را شامل می شود. کنترل کیفیت فرآیندهای تولید برای ساخت دارایی ها نقش اساسی در قابلیت اطمینان دارایی دارد – به عنوان بخش یکپارچه ای از یک برنامه کلی قابلیت اطمینان در نظر گرفته می شود. همانطور که استحکام یک زنجیر به اندازه استحکام ضعیف ترین اتصالش بستگی دارد، کیفیت یک دارایی هم تنها به اندازه قابلیت اطمینان ذاتی و کیفیت فرآیند تولید یا مونتاژ آن بستگی دارد. حتی اگر یک دارایی طراحی قابل اطمینانی داشته باشد، قابلیت اطمینان آن ممکن است هنوز در اثر ساخت، نصب یا استفاده در میدان، نامطلوب باشد. دلیل این قابلیت اطمینان پایین می تواند ناکارآمدی در ساخت دارایی یا اجزای آن باشد. ممکن است نتیجه یک فرآیند تولید نامناسب برای ساخت دارایی باشد. به عنوان مثال، جوش های سرد می توانند در آزمایش اولیه در کارخانه قبول شوند، ولی به دلیل چرخه های حرارتی یا لرزش در محل کار، دچار شکست شوند. این نوع عیب ها ناشی از طراحی نامناسب نیست، بلکه نتیجه یک فرآیند تولید نامناسب است.

عموماً دارایی ها با سطحی از قابلیت اطمینان بر مبنای استفاده موثر از قطعات قابل اطمینان و پیکربندی های آن ها طراحی می شوند. برخی از اجزا به صورت سری و برخی دیگر در چیدمان موازی کار می کنند تا قابلیت اطمینان کلی مورد نیاز را تأمین کنند. این سطح از قابلیت اطمینان به عنوان قابلیت اطمینان ذاتی شناخته می شود. پس از نصب دارایی، قابلیت اطمینان آن بدون بازطراحی یا جایگزینی قطعات آن با اجزای بهتر تغییر نمی کند. با این حال، تعمیر یا جایگزینی اجزای نامناسب پیش از شکست آن ها و همچنین پیاده سازی یک برنامه نگهداشت پیشگیرانه مبتنی بر قابلیت اطمینان، می تواند قابلیت دسترسی دارایی را بهبود دهد.

ارزیابی و یافتن راه حل هایی برای دستیابی به قابلیت اطمینان بالای دارایی، جنبه های کلیدی مهندسی قابلیت اطمینان هستند. برخی از راهکارهایی که می توانیم برای بهبود قابلیت اطمینان دارایی ها به کار گیریم را در ادامه این فصل مورد بحث قرار خواهیم داد.

۲.۶ واژگان و تعاریف کلیدی

زمان آماده به کاری^۹

زمانی است که یک دارایی یا سیستم به صورت کامل عملیاتی است یا آماده انجام کارکرد مورد نظر می باشد. این اصطلاح متضاد زمان از کارافتادگی^{۱۰} است.

^۹ Uptime

^{۱۰} downtime

شکست^{۱۱}

شکست، عدم توانایی یک دارایی / قطعه در برآورده کردن عملکرد مورد انتظار است. لزوماً به معنای غیر قابل استفاده بودن دارایی نیست. شکست می‌تواند به معنای کاهش سرعت یا برآورده نشدن نیازهای عملیاتی یا کیفی باشد.

قابلیت اطمینان (R)

احتمال اینکه یک دارایی یا قطعه، در شرایط تعیین شده، به مدت مشخصی کارکردهای مورد انتظار را انجام دهد. معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود و با میانگین زمان بین شکست‌ها (MTBF) اندازه گیری می‌شود.

قابلیت دسترسی – دسترس پذیری یا در دسترس بودن^{۱۲} (A)

احتمال اینکه یک دارایی قادر به انجام کارکرد مورد نظر خود به طور رضایت بخشی، در زمان نیاز، در محیط مشخصی باشد. قابلیت دسترسی تابع قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت است.

قابلیت نگهداشت (M)

سهولت و سرعتی که یک فعالیت نگهداشت روی یک دارایی انجام می‌شود. قابلیت نگهداشت تابع طراحی تجهیز است و معمولاً با MTTR اندازه گیری می‌شود.

میانگین زمان بین شکست‌ها^{۱۳} (MTBF)

MTBF یک معیار سنجش پایه برای قابلیت اطمینان دارایی است. برای محاسبه آن، زمان کل عملیاتی دارایی^{۱۴} را بر تعداد شکست‌ها در طی یک دوره زمانی تقسیم می‌کنیم. MTBF معکوس نرخ شکست (λ) است.

میانگین زمان تعمیر^{۱۵} (MTTR)

MTTR میانگین زمان لازم برای بازگرداندن یک دارایی به شرایط عملیاتی کامل آن پس از شکست است. برای محاسبه آن، زمان تعمیر کل دارایی را بر تعداد حوادث شکست در یک دوره زمانی خاص تقسیم می‌کنیم. MTTR یک معیار سنجش پایه برای قابلیت نگهداشت است.

¹¹ Failure

¹² Availability

¹³ Mean Time Between Failures

¹⁴ total operating time

¹⁵ Mean Time To Repair

نرخ شکست

عبارت از تعداد شکست‌های یک دارایی در طول یک دوره زمانی است. نرخ شکست در طول عمر مفید یک دارایی ثابت در نظر گرفته می‌شود. معمولاً به صورت تعداد شکست‌ها در واحد زمان بیان می‌شود. نمایش دهنده نرخ شکست، لامبدا (λ) است که معکوس میانگین زمان بین شکست‌ها (MTBF) است.

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)

فرآیندی سیستماتیک و ساختاریافته برای توسعه یک برنامه نگهداشت کارآ و اثربخش برای یک دارایی، به منظور کاهش احتمال شکست آن است. این فرآیند سازگاری ایمنی و مأموریت تجهیز را تضمین می‌کند.

۳.۶ تعریف و اندازه‌گیری قابلیت اطمینان و اصطلاحات

دیگر

دو نوع دارایی وجود دارد: قابل تعمیر و غیرقابل تعمیر. دارایی‌ها یا اجزایی که در صورت شکست، می‌توان آنها را تعمیر کرد، قابل تعمیر نامیده می‌شوند. به عنوان مثال، کمپرسورها، سیستم‌های هیدرولیکی، پمپ‌ها، موتورهای شیرها، قابلیت اطمینان این سیستم‌های قابل تعمیر با عبارت MTBF (میانگین زمان بین شکست) مشخص می‌شود. دارایی‌ها یا اجزایی که در صورت شکست، قابل تعمیر نیستند، غیرقابل تعمیر نامیده می‌شوند. به عنوان مثال، لامپ‌ها، موتورهای موشک و برد مدارهای الکترونیکی. برخی اجزا مانند بردهای الکترونیکی یکپارچه می‌توانند تعمیر شوند، ولی هزینه تعمیر بیشتر از هزینه جایگزینی با قطعه جدید است. بنابراین، آنها به عنوان غیرقابل تعمیر در نظر گرفته می‌شوند. قابلیت اطمینان سیستم‌های غیرقابل تعمیر با عبارت MTTF (میانگین زمان تا شکست) مشخص می‌شود.

قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداشت و دسترس پذیری قابلیت اطمینان (R)، آنگونه که در استاندارد نظامی (MIL-STD-721C) تعریف شده است، به معنای "احتمال اینکه یک قطعه کارکرد مورد انتظار را برای یک بازه زمانی مشخص در شرایط تعیین شده انجام دهد" است.

همانطور که در اینجا تعریف شده است، قطعه یا دارایی می‌تواند یک محصول سخت‌افزاری الکترونیکی یا مکانیکی، نرم‌افزار یا یک فرآیند تولید باشد. قابلیت اطمینان معمولاً با MTBF اندازه‌گیری شده، با تقسیم زمان کارکرد بر تعداد شکست‌ها در یک دوره زمانی مشخص محاسبه می‌شود. فرض کنید یک دارایی به

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مدت ۲۰۰۰ ساعت (یا ۱۲ ماه) در حال عملیات بوده و در این دوره ۱۰ شکست داشته است. MTBF برای این دارایی به صورت زیر است:

$$MTBF = 2000 \text{ ساعت} / 10 \text{ شکست} = 200 \text{ ساعت به ازای هر شکست}$$

یا

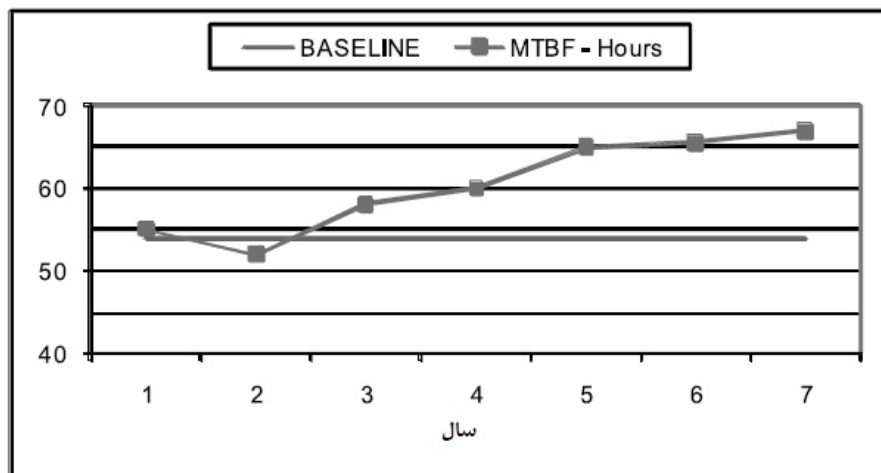
$$12 \text{ ماه} / 10 \text{ شکست} = 1.2 \text{ ماه برای هر شکست}$$

MTBF بزرگتر به طور کلی به معنای دارایی یا قطعه قابل اطمینان تر است.

قابلیت نگهداشت (M)، معیار سنجش توانایی یک قطعه یا دارایی به منظور حفظ کردن یا بازیابی شرایط مشخص شده است، هنگامی که نگهداشت توسط کارکنان با سطح مهارت مشخص، با استفاده از رویه‌ها و منابع مشخص در هر مرحله از نگهداری و تعمیر انجام می‌شود. قابلیت نگهداشت معمولاً با میانگین زمان تا تعمیر (MTTR) و به صورت ساعت بیان می‌شود، گاهی هم با میانگین زمان از کارافتادگی (MDT)^{۱۶} بیان می‌شود. MTTR میانگین زمان تعمیر دارایی‌ها است. این معیار، زمان تعمیر خالص است (گاهی زمان آچار بدستی^{۱۷} هم نامیده می‌شود). در مقابل، MDT زمان کلی است که دارایی خاموش است، که شامل زمان تعمیر به علاوه تأخیرها و زمان‌های انتظار اضافی است.

به طور ساده، قابلیت نگهداشت معمولاً به آن ویژگی‌های دارایی‌ها، قطعات یا سیستم‌های کلی اشاره دارد که به سهولت نگهداری و تعمیر کمک می‌کنند. MTTR پایین‌تر به طور کلی به معنای نگهداری و تعمیر ساده‌تر است.

شکل‌های ۲۶ - الف، ب و پ روند داده‌های MTBF و MTTR را به صورت ساعت نشان می‌دهند.



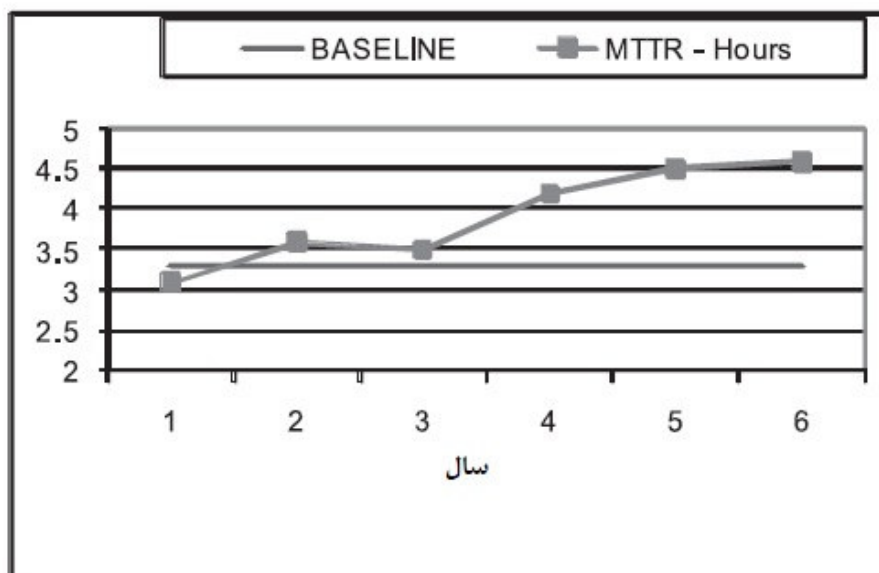
¹⁶ Mean Downtime

¹⁷ wrench time

شکل ۲.۶- الف- نمایش روند داده های MTBF

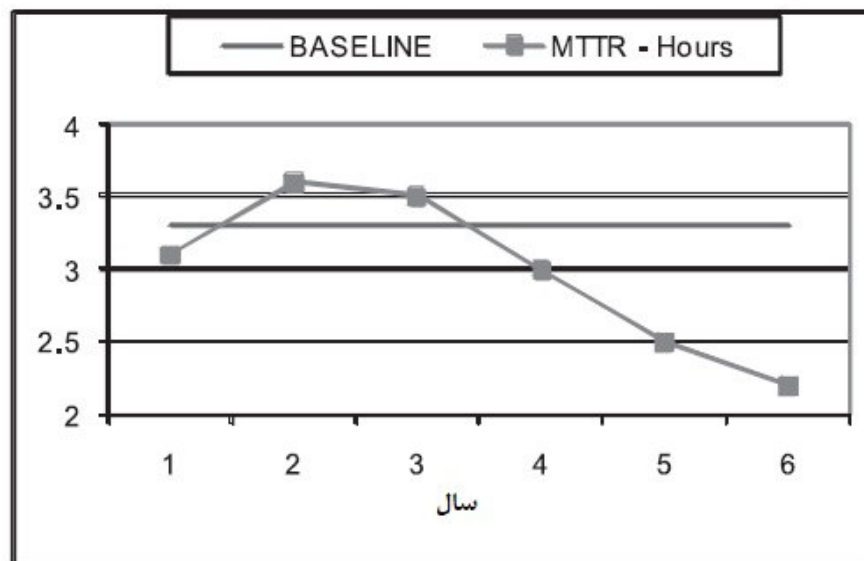
خط مبنا^{۱۸} باید براساس داده های حداقل یک سال، بسته به نوع عملیات شما، رسم شود (ممکن است برای دارایی های با حداقل ساعت کارکرد، به سه سال داده نیاز باشد). این نوع خط روند برای پیگیری تأثیر بهبودها بسیار مهم است. شکل ۶.۲- الف داده های روند MTBF را نشان می دهد که در حال افزایش است. این روند خوبی است.

شکل ۲.۶- ب داده های روند MTTR را نشان می دهد که در حال افزایش است. یعنی MTTR به سمت نادرستی می رود. برای ارزیابی اینکه چرا MTTR در حال افزایش است باید پرسش هایی مطرح کنیم، مانند اینکه: آیا مجموعه مناسبی از مهارت ها در نیروی کار ما وجود دارد؟ آیا ما مواد، ابزار و دستورالعمل های کاری صحیح را شناسایی و تأمین می کنیم؟ چه کاری می توانیم انجام دهیم تا این روند را برعکس کنیم؟



شکل ۲.۶- ب- نمایش روند داده های افزایشی MTTR (I)

¹⁸ baseline



شکل ۲.۶ - پ- نمایش روند داده های کاهش MTTR (D)

تصویر ۲.۶- پ- داده های روند MTTR را نشان می دهد که در حال کاهش است. در این حالت، روند به سمت درستی است. برای ادامه این روند، باید پرسش هایی مطرح کنیم، مانند اینکه چه عواملی باعث این روند شده است؟ چه تغییراتی را ایجاد کردیم؟ نمایش روند این نوع داده ها می تواند به بهبود فرآیند تصمیم گیری کمک کند.

قابلیت دسترسی

قابلیت دسترسی (A) تابعی از قابلیت اطمینان و نگهداشت پذیری دارایی است. این شاخص با درجه ای که یک قطعه یا دارایی در حالت قابل بهره برداری (حالت عملیاتی) و قابل اعتماد در زمان آغاز مأموریت قرار دارد، اندازه گیری می شود. با این فرض که مأموریت در زمان نامشخصی (تصادفی) فراخوانده می شود. به طور ساده، قابلیت دسترسی می تواند به عنوان احتمال اینکه یک دارایی در زمان نیاز، در وضعیت کاری باشد، بیان شود. به صورت ریاضی، قابلیت دسترسی به شکل زیر تعریف می شود:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime}$$

که در آن:

A: قابلیت دسترسی

Uptime: زمان آماده بکاری

Downtime: زمان از کار افتادگی

قابلیت دسترسی، آنگونه که در بالا تعریف شد، معمولاً به عنوان دسترسی ذاتی (A_i)¹⁹ شناخته می‌شود. دسترسی ذاتی بهترین انتخاب ممکن برای طراح تجهیز/دارایی است. در واقع، قابلیت دسترسی واقعی کمتر از دسترسی ذاتی خواهد بود، به دلیل اینکه دارایی به دلیل اقدامات نگهداشت پیشگیرانه و اصلاحی خاموش می‌شود. مفهوم دسترسی عملیاتی (A_o)²⁰ همه اقدامات نگهداشت پیشگیرانه و اصلاحی را در نظر می‌گیرد. همچنین همه تأخیرها – اداری، مواد و ابزار، سفر، جمع آوری اطلاعات و غیره – را که باعث عدم دسترسی دارایی می‌شود، هم شامل می‌شود. دسترسی کسب شده (A_a)²¹ شامل نگهداشت پیشگیرانه است، ولی شامل تأخیرها برای دریافت مواد و ابزار، اطلاعات و غیره نیست.

طبیعی است که طراح یا سازنده دارایی مسؤول دسترسی ذاتی یا دسترسی کسب شده باشد. کاربر دارایی باید به دسترسی عملیاتی علاقمند باشد. دسترسی ذاتی با استفاده از دارایی کاهش می‌یابد و بدون تغییر در سخت‌افزار و نرم‌افزار قابل بهبود نیست. دسترسی می‌تواند با افزایش قابلیت اطمینان و نگهداشت پذیری بهبود یابد. باید مطالعات چندمعیاره²² برای ارزیابی اثربخشی هزینه ای افزایش MTBF (قابلیت اطمینان) یا کاهش MTTR (نگهداشت پذیری) انجام شود. به منظور سادگی و کاهش ابهام، در این کتاب از عبارت *قابلیت دسترسی* برای نشان دادن دسترسی ذاتی استفاده می‌شود.

استاندارد دسترسی حدود ۹۵٪ است، به این معنی که دارایی در ۹.۵ ساعت از ۱۰ ساعت در دسترس است. این معیار براساس انتظارات کلی صنعت انتخاب شده است. در برخی موارد، اگر دارایی‌ها بسیار حیاتی نباشند، این معیار استاندارد می‌تواند پایین‌تر باشد. ولی در مورد دارایی‌های حیاتی مانند موتورهای هواپیما یا دارایی‌هایی که بصورت ۲۴-۷ فعالیت می‌کنند، ممکن است نیاز به دسترسی ۹۹٪ یا بیشتر وجود داشته باشد.

به طور کلی، هزینه دستیابی به دسترسی بالای ۹۵٪ به صورت نمایی افزایش می‌یابد. بنابراین، ما باید تجزیه و تحلیل عملیاتی انجام دهیم تا لزوم دسترسی بالا را توجیه کنیم، به ویژه اگر نیاز به دسترسی بیش از ۹۷ درصد باشد.

¹⁹ inherent availability

²⁰ operational availability

²¹ achieved availability

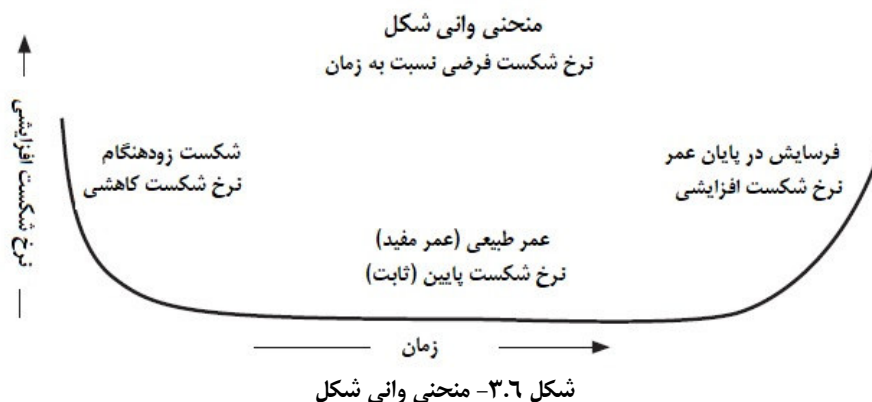
²² trade-off

منحنی وانی شکل^{۲۳} و توزیع قابلیت اطمینان

منحنی وانی شکل، که در شکل ۳۶ دیده می‌شود، در مهندسی قابلیت اطمینان کاربرد گسترده ای دارد، اگرچه مفهوم کلی آن روی انسان ها هم قابل اعمال است. این منحنی شامل شکل خاصی از تابع خطر است که سه بخش دارد:

- بخش نخست شامل نرخ خرابی کاهشی است، که به عنوان شکست های اولیه یا مرگ زودرس^{۲۴} هم شناخته می شود. این بخش مانند کودکی ماست.
- بخش دوم شامل نرخ خرابی ثابت است، که شکست تصادفی هم به آن گفته می شود. این بخش شبیه به زندگی بزرگسالی ماست.
- بخش سوم شامل نرخ خرابی افزایشی است، که شکست های فرسایشی^{۲۵} هم نامیده می شود. این بخش مانند پیری ماست.

منحنی وانی شکل با نگاشت نرخ شکست های زود هنگام اولیه در زمان ورود تجهیز به سرویس، نرخ خرابی های تصادفی پایین با نرخ شکست ثابت در طول عمر مفید آن و در نهایت نرخ شکست های فرسایشی در حالی که دارایی به پایان عمر طراحی خود نزدیک می شود، تولید می شود.



²³ Bathtub Curve

²⁴ infant mortality

²⁵ wear-out failures



شکل ۴.۶- الگوهای شکست

اگر بخواهیم با اصطلاحات کمتر فنی موضوع را شرح دهیم، در اوایل عمر یک دارایی که به منحنی وانی پایبند است، نرخ خرابی بالا است. با این حال، با شناسایی و دور انداختن قطعات معیوب و حذف منابع شکست های اولیه، از جمله خطاهای نصب، به سرعت کاهش می یابد. در میانه ی عمر دارایی، نرخ شکست به طور کلی کم و ثابت است. در اواخر عمر دارایی، با گذشت زمان و افزایش فرسایش، نرخ شکست افزایش می یابد.

صنعت هواپیمایی و نیروی دریایی آمریکا در دهه های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ مطالعاتی را برای شناخت بهتر شکست های دارایی ها انجام دادند. این مطالعات نشان دادند که رفتار شکست این نوع دارایی ها به طور قابل توجهی نزدیک به هم است، اگرچه همه آن ها دقیقاً از الگوی منحنی وانی شکل پیروی نمی کنند. همه دارایی ها، در بیشتر طول عمرشان، نرخ شکست ثابت یا کمی افزایشی داشتند. برخی از آنها الگوی شکست اولیه یا مرگ زودرس را دنبال نمی کردند و برخی دیگر هم منطقه فرسایش را نداشتند. شکل ۶.۴ یک سری از این الگوهای شکست را براساس داده های این مطالعه اولیه نشان می دهد. الگوهای شکست به دو گروه – مرتبط با سن و تصادفی – تقسیم می شوند. کمتر از ۲۰ درصد از شکست ها الگوی زوال سنی را دنبال می کنند؛ بقیه الگوی تصادفی با نرخ شکست ثابت را دنبال می کنند.

توزیع شکست قابلیت اطمینان

توزیع نمایی یکی از توزیع های رایج برای شرح قابلیت اطمینان یک دارایی یا قطعه در یک سیستم است. این توزیع، یک دارایی یا قطعه را با نرخ شکست ثابت، یا بخش صاف منحنی وانی شکل، مدل می کند. بیشتر دارایی های مصرفی یا صنعتی، در طول عمر مفید خود نرخ شکست ثابت را دنبال می کنند، بنابراین

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

توزیع نمایی بطور گسترده ای برای تخمین قابلیت اطمینان آنها استفاده می شود. معادله پایه برای تخمین قابلیت اطمینان، $R(t)$ ، به شکل زیر است:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

که در آن:

$$\lambda \text{ (لامبدا)} = \text{نرخ خرابی} = 1/\text{MTBF}$$

t = زمان ماموریت، براساس چرخه ها، ساعت ها، مایل ها و غیره

(توجه: e پایه لگاریتم طبیعی است و برابر با ۲.۷۱۸۲۸ می باشد)

محاسبه قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی

مثال ۱

سیستم هیدرولیکی که یک مرکز ماشین کاری را پشتیبانی می کند، در دو سال گذشته ۳۶۰۰ ساعت کار کرده است. سیستم CMMS کارخانه نشان داده است که در این دوره ۱۲ خرابی رخ داده است. اگر ساعت کارکرد لازم این سیستم ۲۰ ساعت یا ۱۰۰ ساعت باشد، قابلیت اطمینان این سیستم هیدرولیک چقدر است؟

$$\text{MTBF} = \text{زمان کارکرد} / \text{تعداد خرابی ها (شکست ها)} = 3600 / 12 = 300 \text{ ساعت}$$

$$\text{نرخ خرابی (شکست)} = 1 / \text{MTBF} = 1 / 300 = 0.00333 \text{ شکست در ساعت}$$

قابلیت اطمینان برای ۲۰ ساعت کارکرد:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$
$$R_{(20)} = e^{-(0.00333)(20)} = 93.55\%$$

قابلیت اطمینان برای ۱۰۰ ساعت کارکرد:

$$R_{(100)} = e^{-(0.00333)(100)} = 71.65\%$$

به ازای ۱۰۰ ساعت کارکرد، قابلیت اطمینان سیستم هیدرولیک ۷۱/۶۵٪ است. یعنی ۷۱/۶۵٪ احتمال دارد که این سیستم هیدرولیک بدون خرابی کار کند. با این حال، اگر نیاز باشد که این سیستم هیدرولیک تنها ۲۰ ساعت کار کند، احتمال کارکرد بدون خرابی به ۹۳/۵۵٪ افزایش می یابد. حال بیا فرض کنیم که این سیستم هیدرولیک باید برای برآورده کردن نیازهای یک مشتری کلیدی ۱۰۰ ساعت کار کند و قابلیت اطمینان فعلی ۷۱/۶۵٪ قابل قبول نیست. سیستم نیاز دارد که با تضمین (احتمال) ۹۵٪ یا بیشتر، نیاز مشتری را برآورده کند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

برای رسیدن به قابلیت اطمینان ۹۵٪ برای ۱۰۰ ساعت زمان مأموریت، باید نرخ شکست جدید λ را محاسبه کنیم. از رابطه قابلیت اطمینان استفاده می‌کنیم:

$$0.95 = R_{100} = e^{(-\lambda \times 100)}$$

قابلیت اطمینان مورد نیاز = ۰.۹۵

$$0.95 = R_{100} = e^{(-\lambda \times 100)}$$

با حل این معادله، نرخ شکست را به دست می‌آوریم:

$$(\lambda \times 100) = 0.05$$

بنابراین:

نرخ شکست $\lambda = 0.0005$ یا $MTBF = 2000$ ساعت

بنابراین نرخ شکست باید از ۰.۰۰۳۳۴ (یا $MTBF$ برابر ۳۰۰ ساعت) به نرخ شکست جدید ۰.۰۰۰۰۵ (یا $MTBF$ برابر ۲۰۰۰ ساعت) کاهش یابد. با فرض همان ۳۶۰۰ ساعت کارکرد، تعداد خرابی‌ها باید از ۱۲ به ۱.۸ کاهش یابد. برای شناسایی اجزای نامطمئن، باید تجزیه و تحلیل علت ریشه ای شکست یا FMEA روی این سیستم هیدرولیک انجام شود. برخی اجزا ممکن است نیاز به بازطراحی یا جایگزینی داشته باشند تا به $MTBF$ جدید ۲۰۰۰ ساعت برسیم.

مثال ۲

سیستم کمپرسور هوای فشرده یک کارخانه در سال گذشته ۱۰۰۰ ساعت کار کرده است. سیستم CMMS کارخانه اطلاعات زیر را در مورد این سیستم نشان می‌دهد:

زمان کارکرد = ۱۰۰۰ ساعت

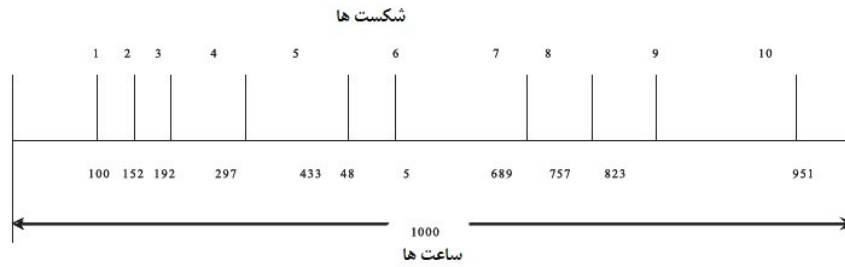
تعداد خرابی‌های تصادفی = ۱۰

کل زمان تعمیر = ۵۰ ساعت

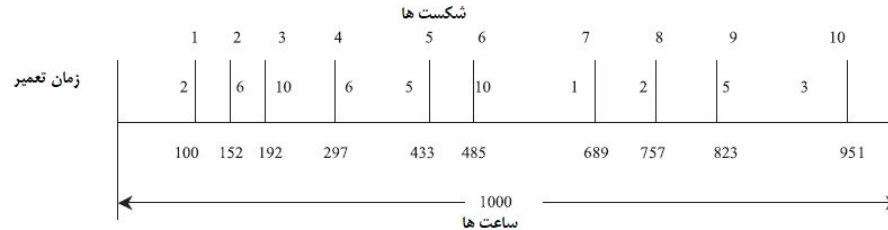
اگر مجبور باشیم این کمپرسور را برای ۱۰، ۲۰ یا ۱۰۰ ساعت استفاده کنیم، قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان این کمپرسور چقدر است؟ شکل ۶.۵ اطلاعات خرابی و شکل ۶.۶ اطلاعات زمان تعمیر برای آن خرابی‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۵.۶ نشان می‌دهد که نخستین خرابی پس از ۱۰۰ ساعت کارکرد، خرابی دوم پس از ۱۵۲ ساعت کارکرد و ... رخ داده است. شکل ۶.۶ نشان می‌دهد که نخستین خرابی پس از ۱۰۰ ساعت کارکرد رخ داده است و زمان تعمیر آن ۲ ساعت بوده است؛ خرابی دوم پس از ۱۵۲ ساعت کارکرد رخ داده و زمان تعمیر آن ۶ ساعت بوده است؛ و به همین ترتیب. کل زمان تعمیر برای ۱۰ خرابی، ۵۰ ساعت است.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی



شکل ۵.۶- داده های خرابی کمپرسور



شکل ۶.۶- داده های زمان خرابی و تعمیر کمپرسور

محاسبه MTBF و نرخ شکست

$$MTBF = \frac{\text{زمان کارکرد}}{\text{تعداد شکست ها}} = \frac{1000 \text{ hours}}{10 \text{ failures}} = 100 \text{ ساعت}$$

این نشان می‌دهد که میانگین زمان بین خرابی ها ۱۰۰ ساعت است.

$$\text{نرخ شکست } (\lambda - \text{لامبدا}) = 1/MTBF = 1/100 = 0.01 \text{ شکست در ساعت}$$

محاسبه MTTR و نرخ تعمیر

$$MTTR = \frac{\text{زمان کل تعمیر}}{\text{تعداد شکست ها}} = \frac{50 \text{ hours}}{10 \text{ failures}} = 5 \text{ ساعت}$$

$$\text{نرخ تعمیر } (\mu) = 1/MTTR = 1/5 = 0.2$$

محاسبه قابلیت دسترسی

در مرحله قبل، محاسبه کردیم:

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

میانگین زمان بین دو خرابی (MTBF) = ۱۰۰ ساعت

میانگین زمان تعمیر (MTTR) = ۵ ساعت

آنگاه، قابلیت دسترسی:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime}$$

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{100}{100 + 5} = 0.95 = 95\%$$

یا

$$A = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime} = \frac{1000 - 50}{950 + 50} = 0.95 = 95\%$$

این بدان معناست که دارایی ۹۵٪ زمان ها در دسترس است و ۵٪ زمان ها برای تعمیر خاموش می شود.

محاسبه قابلیت اطمینان

همانطور که قبل تر برای واحد کمپرسور محاسبه شده است،

MTBF = ۱۰۰ ساعت

نرخ شکست (FR): λ

$$\lambda(FR) = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ شکست در ساعت}$$

قابلیت اطمینان $R(t)$:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

اگر $t = \text{زمان} = ۱۰ \text{ ساعت}$ و λ برابر ۰/۰۱ باشد، آنگاه:

$$R_{(10)} = e^{-\lambda t} = e^{-(0.01)(10)} = e^{-0.1} = 0.90 \text{ or } 90\%$$

اگر t برابر ۲۰ ساعت و λ برابر ۰/۰۱ باشد، آنگاه:

$$R_{(20)} = e^{-\lambda t} = e^{-(0.01)(20)} = e^{-0.2} = 0.818 \text{ or } 81.8\%$$

اگر t برابر ۱۰۰ ساعت و λ برابر ۰/۰۱ باشد، آنگاه:

$$R_{(100)} = e^{-\lambda t} = e^{-(0.01)(100)} = e^{-1} = 0.3678 \text{ or } 36.78\%$$

بنابراین، برای این سیستم کمپرسور با MTBF برابر ۱۰۰ ساعت،

قابلیت اطمینان برای ۱۰ ساعت کارکرد = ۹۰٪

قابلیت اطمینان برای ۲۰ ساعت کارکرد = ۸۲٪

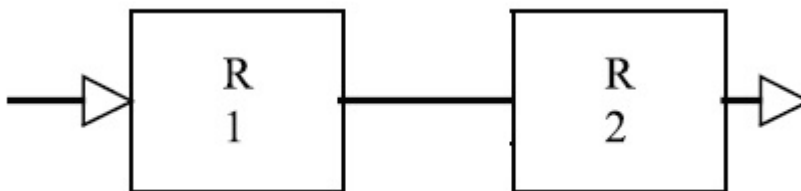
نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

قابلیت اطمینان برای ۱۰۰ ساعت کارکرد = ۳۷٪

این داده‌ها نشان می‌دهند که قابلیت اطمینان واحد کمپرسور هوای فشرده این مثال برای ۱۰ ساعت کارکرد ۹۰٪ است. با این حال، اگر تصمیم بگیریم که از این واحد برای ۱۰۰ ساعت استفاده کنیم، قابلیت اطمینان به ۳۷٪ کاهش می‌یابد. برای ۲۰ ساعت کارکرد، قابلیت اطمینان ۸۲٪ است. اگر این سطح قابلیت اطمینان قابل قبول نباشد، باید تجزیه و تحلیل علت ریشه ای شکست یا FMEA انجام دهیم تا مشخص شود کدام قطعه باید بازطراحی شده یا تغییر کند تا تعداد خرابی‌ها کاهش و قابلیت اطمینان افزایش یابد.

نمودار بلوکی قابلیت اطمینان (RBD)^{۲۶}

منطق خرابی یک دارایی، قطعات، یا یک گروه از دارایی‌ها و قطعات که به آن سیستم گفته می‌شود، می‌تواند با استفاده از نمودار بلوکی قابلیت اطمینان (RBD) نشان داده شود. این نمودار ارتباطات منطقی را بین اجزای سیستم نشان می‌دهد. نمودار بلوکی قابلیت اطمینان ضرورتاً با نمودار شماتیک چیدمان کارکردی سیستم یکسان نیست. سیستم معمولاً از چندین قطعه و دارایی تشکیل شده که ممکن است در پیکربندی‌های سری، موازی یا ترکیبی قرار گرفته باشند تا قابلیت اطمینان طراحی (ذاتی) را فراهم کنند. تجزیه و تحلیل RBD شامل کاهش سیستم به بلوک‌های ساده سری و موازی از قطعات و دارایی‌ها است که با استفاده از فرمول‌های ریاضی می‌توان آن‌ها را تحلیل کرد. شکل ۷.۶ یک نمودار ساده را نشان می‌دهد که با استفاده از دو قطعه و دارایی مستقل به صورت سری یک سیستم را شکل می‌دهند.



شکل ۷.۶- مثالی از یک سیستم سری

قابلیت اطمینان یک سیستم با چندین قطعه با پیکربندی سری با ضرب قابلیت اطمینان اجزای آن مجزا محاسبه می‌شود،

$$R_{sys} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times \dots \times R_n$$

و قابلیت اطمینان سیستم R_{sys12} ، که در شکل ۶.۷ نشان داده شده است، به شکل زیر محاسبه می‌شود:

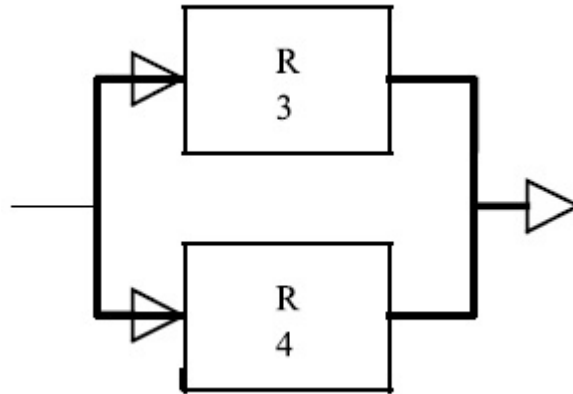
$$R_{sys12} = R_1 \times R_2$$

²⁶ Reliability Block Diagram

یا

$$R_{sys12} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

در اینجا λ نرخ خرابی و t زمان مأموریت است.



شکل ۸.۶- مثالی از یک سیستم موازی

افزونگی فعال^{۲۷} یا سیستم موازی

نمودار بلوکی قابلیت اطمینان برای ساده‌ترین سیستم دارای افزونه^{۲۸} در شکل ۶.۸ نشان داده شده است. این سیستم از دو قطعه و دارایی مستقل با قابلیت اطمینان R_3 و R_4 تشکیل شده است.

قابلیت اطمینان یک سیستم موازی معمولاً به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$R_{sys34} = 1 - (1 - R_3)(1 - R_4)$$

یا

$$R_{sys34} = R_3 + R_4 - (R_3 \times R_4)$$

یا

$$R_{sys34} = e^{-(\lambda_3)t} + e^{-(\lambda_4)t} - e^{-(\lambda_3 + \lambda_4)t}$$

در این چیدمان، قابلیت اطمینان سیستم، R_{sys34} ، برابر با احتمال بقای قطعه ۳ یا ۴ است. یعنی صرفاً یکی از قطعات برای کار کردن سیستم لازم است و قطعه دیگر در حالت فعال و آماده بکار، در صورت خرابی قطعه اول، است. بنابراین، قابلیت اطمینان کل سیستم در پیکربندی موازی بسیار بیشتر از چیدمان سری

²⁷ Active Redundancy

²⁸ redundant

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

است. قرار دان قطعات در چیدمان موازی قابلیت اطمینان سیستم را بهبود می بخشد، در حالی که قرار گرفتن قطعات در ترکیب سری قابلیت اطمینان سیستم را کاهش می دهد.

افزونگی رزرو (حالت انتظار)^{۲۹} زمانی به دست می آید که در یک سیستم دارای افزونه، قطعه یدکی به صورت پیوسته در حالت فعال قرار نگرفته، تنها زمانی روشن شود که قطعه اولیه خراب شود. در حالت انتظار، قابلیت اطمینان حاصل، کمی بیشتر از حالت فعال است. با این حال، فرض شده است که انتقال بدون خرابی و بدون تأخیر انجام می شود. قابلیت اطمینان یک سیستم دو قطعه ای در حالت انتظار به صورت زیر است:

$$R_{sys-standby} = e^{-(\lambda)t} + \lambda t e^{-(\lambda)t}$$

مثال ۳

در یک سیستم موازی دو قطعه ای با نرخ خرابی ۰/۱ بر ساعت برای هر قطعه، قابلیت اطمینان فعال و حالت انتظار سیستم برای یک ساعت عملیات چقدر است؟

در این مثال، $\lambda_3 = \lambda_4 = 0.1$ و $t = 1$ ساعت است. در نتیجه، قابلیت اطمینان فعال به شکل زیر محاسبه می شود:

$$R_{active} = e^{-(\lambda_3)t} + e^{-(\lambda_4)t} - e^{-(\lambda_3+\lambda_4)t}$$

یا

$$R_{active} = R_3 + R_4 - (R_3 \times R_4)$$

توجه کنید که

$$R_3 = R_4 = e^{-(\lambda_3)t} = e^{-(0.1)1} = 0.9048$$

و بنابراین

$$R_{active} = 0.9048 + 0.9048 - 0.8187 = 0.9909$$

$$R_{standby} = e^{-(\lambda)t} + \lambda t e^{-(\lambda)t} = R + \lambda t R = 0.9048 + (0.1 \times 1 \times 0.9048) = 0.9953$$

مدل های قابلیت اطمینان m از n

در کاربردهای واقعی، بسته به الزامات طراحی، قطعات و دارایی های بسیاری در چیدمان های سری و موازی قرار می گیرند. به عنوان مثال، شکل ۶.۹ یک سیستم نمونه را نشان می دهد که شامل ۱۳ جزء یا دارایی مجزا است که در ترکیبی از پیکربندی های سری و موازی قرار گرفته اند. قابلیت اطمینان سیستم می تواند با محاسبه ابتدا قابلیت اطمینان اجزا و دارایی های مجزا، زیر سیستم های سیستم و در نهایت سیستم به عنوان یک کل محاسبه شود. قابلیت اطمینان برخی از زیر سیستم هایی که در چیدمان موازی قرار دارند، با استفاده از فرمول های قابلیت اطمینان m از n محاسبه می شود. این به این معناست که برای عملکرد

²⁹ standby redundancy

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

درست سیستم، چند پایه m (اجزای سری) از n پایه لازم است؟ در شکل ۶.۹ زیرسیستم B سه پایه دارد، ولی ما فقط برای فعالیت سیستم به یک پایه نیاز داریم. به طور مشابه، زیرسیستم C شامل سه جزء و دارایی در چیدمان موازی است و ما برای فعالیت آن، فقط به دو جزء نیاز داریم.

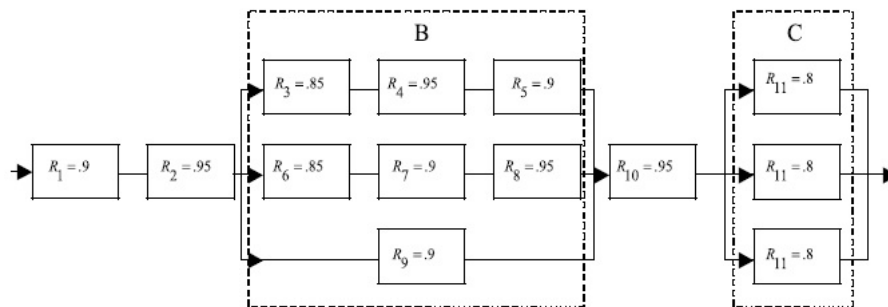
یک رویکرد ساده برای محاسبه قابلیت اطمینان سیستم‌های m از n استفاده از توزیع دوگانه^{۳۰} و رابطه $(R+Q)^n = 1$ است، که در آن R قابلیت اطمینان، Q عدم قابلیت اطمینان و n تعداد اجزا است. شکل ۶.۱۰ فرمول‌های محاسبه قابلیت اطمینان برای سیستم‌های دو، سه و چهار عضوی را نشان می‌دهد.

قابلیت اطمینان سیستم، همانطور که در شکل ۶.۹ نشان داده شده است، برابر است با:

$$R_{\text{sys}} = R_1 \times R_2 \times R_B \times R_{10} \times R_C$$

که در آن R_B یک پیکربندی موازی فعال و برابر است با:

$$R_B = 1 - [1 - (R_3 \times R_4 \times R_5)][1 - (R_6 \times R_7 \times R_8)](1 - R_9)$$



شکل ۹.۶- نمونه‌ای از سیستم چند جزئی RBD

قابلیت اطمینان کلی سیستم	m تعداد اجزای در حال کار
$R^2 + 2R(1-R) = 1 - (1-R)^2$	۱ از ۲
R^2	۲ از ۲
$R^3 + 3R^2(1-R) + 3R(1-R)^2 = 1 - (1-R)^3$	۱ از ۳
$R^3 + 3R^2(1-R)$	۲ از ۳
R^3	۳ از ۳
$R^4 + 4R^3(1-R) + 6R^2(1-R)^2 + 4R(1-R)^3 = 1 - (1-R)^4$	۱ از ۴

³⁰ binomial distribution

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

$R^4 + 4R^3(1-R) + 6R^2(1-R)^2$	۴ از ۲
$R^4 + 4R^3(1-R)$	۴ از ۳
R^4	۴ از ۴

فرض: قابلیت اطمینان همه اجزا/قطعات (R) یکسان است

شکل ۱۰.۶ قابلیت اطمینان سیستم برای اجزای m از n

$$= 1 - [1 - (0.85 \times 0.95 \times 0.9)][1 - (0.85 \times 0.9 \times 0.95)](1 - .09)$$

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

$$= 1 - (1 - 0.7267)(1 - 0.7267)(0.1) \\ = 1 - 0.00746 \\ = 0.9925$$

R_c یک پیکربندی موازی فعال دیگر است، ولی برای عملکرد، به ۲ (m) پایه از ۳ (n) پایه نیاز دارد. می‌توانیم از توزیع دوگانه، از شکل ۶.۱۰ برای محاسبه R_c استفاده کنیم:

$$R_c = R^3 + 3R^2(1 - R) \\ = (0.8)^3 + 3(0.8)^2(1 - 0.8) = 0.512 + 0.384 = 0.896$$

قابلیت اطمینان کل سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{sys} = 0.9 \times 0.95 \times 0.9925 \times 0.95 \times 0.896 = 0.7223$$

مثال ۴

شکل ۶.۱۱ سیستم محرک یک کمپرسور را نشان می‌دهد که شامل هفت جزء، موتورهای، جعبه‌های دنده، خود کمپرسور، کنترل‌های الکتریکی و سیستم روانکاری است. نرخ خرابی (شکست) براساس داده‌های چهار سال است. فرض شده است که همه اجزا در چیدمان سری قرار دارند. شکل ۶.۱۲ همان سیستم کمپرسور را در قالب RBD نشان می‌دهد.

نرخ خرابی کل سیستم براساس داده‌های چهار سال اخیر، به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda_{X1} = 1.3742 \times 10^{-4} + 0 + 0 + 6.871 \times 10^{-5} + 4.1226 \times 10^{-4} + 6.871 \times 10^{-4} + 1.3742 \times 10^{-4} \\ = 1.443 \times 10^{-3} = 0.001443$$

شکل ۱۱.۶ - سیستم کمپرسور X_1 با اجزای اصلی و نرخ شکست هر کدام

بنابراین،

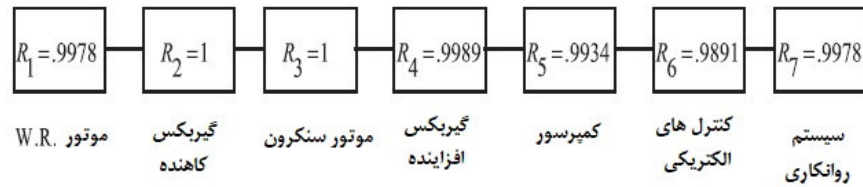
MTBF سیستم کل برابر است با:

$$1/\lambda = 1/0.001443 = 693 \text{ ساعت}$$

بر مبنای ۱۶ ساعت عملیات، قابلیت اطمینان هر جزء محاسبه و در نمودار بلوکی قابلیت اطمینان در شکل ۶.۱۲ نشان داده شده است. قابلیت اطمینان سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{sys} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \times R_6 \times R_7$$

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی



شکل ۱۲.۶- نمودار بلوکی قابلیت اطمینان برای سیستم کمپرسور X1 برای ۱۶ ساعت کار.

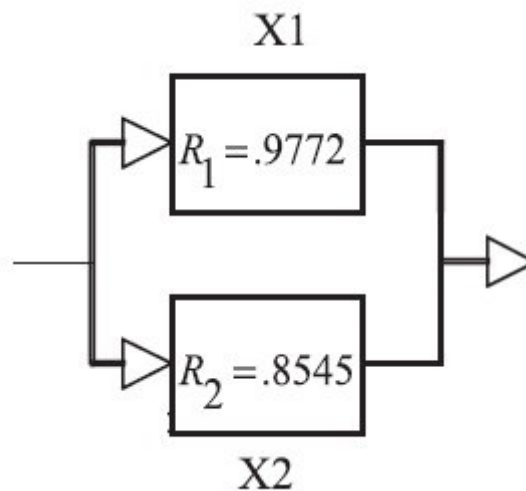
با جایگذاری قابلیت اطمینان هر جزء، قابلیت اطمینان سیستم به صورت زیر محاسبه می شود:

$$R_{sys} = 0.9978 \times 1 \times 1 \times 0.9989 \times 0.9934 \times 0.9891 \times 0.9978 = 0.9772$$

بنابراین، بر مبنای ۱۶ ساعت عملیات، قابلیت اطمینان واحد کمپرسور ۹۷.۷۲ درصد است. حال فرض کنید دو سیستم کمپرسور X1 و X2 در این تأسیسات وجود دارد، همانطور که در شکل ۶.۱۳ نشان داده شده است و قابلیت اطمینان آنها برابر است با:

$$X1 = 0.9772$$

$$X2 = 0.8545$$



شکل ۱۲.۶- چیدمان سیستمی شامل دو کمپرسور

این سطوح **قابلیت اطمینان** براساس سناریوهای ۱۶ ساعتی دو شیفته است. همچنین، فرض کنید بیشتر اوقات، به عنوان مثال ۸۵ درصد، تنها یک کمپرسور برای برآورد نیازهای تولیدی لازم است. کمپرسور دوم به صورت فعال در حالت انتظار خواهد بود. با این حال، در ۱۵ درصد زمان ها، ممکن است به هر دو واحد کمپرسور نیاز داشته باشیم. در طول آن زمان، کمپرسورها در چیدمان سری قرار خواهند گرفت.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

قابلیت اطمینان یک واحد (برای ۸۵ درصد از زمان که فقط یک کمپرسور نیاز است) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$= R_{X1} + R_{X2} - (R_{X1} \times R_{X2})$$
$$= 0.9972 + 0.8545 - (0.9972 \times 0.8545) = 1.8317 - 0.8350 = 0.9967$$

یعنی در این حالت، قابلیت اطمینان ۹۹.۶۷ درصد خواهد بود.

شکل ۱۴.۶- نمونه ای از نمودار بلوکی قابلیت اطمینان در سیستم های کارخانه ای

قابلیت اطمینان دو واحد (برای ۱۵ درصد از زمان که به هر دو کمپرسور نیاز است) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$= R_{X1} \times R_{X2}$$
$$= 0.9972 \times 0.8545 = 0.8350$$

بنابراین، زمانی که تنها به یک واحد کمپرسور نیاز داریم، ۹۸ درصد قابلیت اطمینان داریم. ولی زمانی که به هر دو کمپرسور نیاز داریم، فقط ۸۵ درصد قابلیت اطمینان برای برآورده ساختن نیازهای مشتری وجود دارد. این سطح قابلیت اطمینان ممکن است قابل قبول باشد. در صورت عدم قبولی، ممکن است لازم باشد بخشی از اجزای کمپرسور X2 را برای افزایش قابلیت اطمینان آن، بازطراحی یا تعویض کنیم. به طور مشابه، می توان نمودار بلوکی قابلیت اطمینان را برای یک فرآیند، یک خط تولید یا یک کارخانه توسعه داد، همانطور که در شکل ۱۴.۶ نشان داده شده است. این نوع نمودار بلوکی قابلیت اطمینان اطلاعات لازم را برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم ها در کارخانه فراهم می کند.

۴.۶ طراحی و ساخت برای نگهداشت و قابلیت اطمینان

هزینه چرخه عمر دارایی

هزینه چرخه عمر (LCC)^{۳۱} همه هزینه های مورد انتظار در طول عمر یک دارایی را شامل می شود. این اصطلاح به همه هزینه های مرتبط با خرید و مالکیت، به ویژه عملیات و نگهداشت دارایی در تمام طول عمر آن، از جمله اسقاط^{۳۲} آن، اشاره دارد. شکل ۱۵.۶ یک نمودار عمر دارایی را به صورت نمونه نشان می دهد.

هزینه کل در طول عمر یک دارایی شامل موارد زیر است:

- هزینه های تملک و خرید، شامل:
- ✓ طراحی و توسعه

³¹ Life Cycle Cost

³² disposal

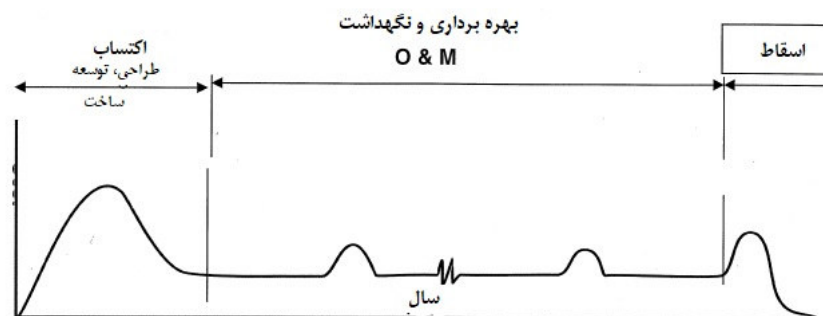
نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- ✓ ارائه و صحنه گذاری (اکثراً قابل اجرا برای سیستم های یکتا)
- ✓ ساخت و نصب (شامل راه اندازی)

• هزینه های عملیات و نگهداشت (O&M)، شامل:

- ✓ هزینه عملیات (شامل انرژی و ملزومات)
- ✓ هزینه نگهداشت
- PM ✓
- CM ✓

• هزینه های اسقاط



شکل ۱۵.۶- چرخه عمر دارایی

براساس چندین مطالعه گزارش شده، توزیع تخمینی LCC به شکل زیر است:

صنعتی	برای یک سیستم DoD* نمونه	
۵-۱۰٪	۱۰-۲۰٪	طراحی و توسعه
۱۰-۲۰٪	۲۰-۳۰٪	تولید / ساخت / نصب
۶۵-۸۵٪	۵۰-۷۰٪	عملیات و نگهداشت (O&M)
۵٪>	۵٪>	اسقاط

* اصول و راهکارهای فناوری تضمین کیفیت به قلم راهیا^{۳۳} و الوکو^{۳۴}

³³ Raheja

³⁴ Allocco

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

یک نمودار نشان دهنده هزینه‌های برآورد شده و هزینه‌های خرج شده در طول عمر یک دارایی در شکل ۶.۱۶ نشان داده شده است. این نمودار توسط پل بارینجر^{۳۵}، یکی از متخصصان قابلیت اطمینان، تهیه شده است. از نمودار مشخص است که هزینه O&M به طور میانگین حدود ۸۰٪ از کل هزینه چرخه عمر دارایی است. بدیهی است که ما باید هزینه‌های عملیات و نگهداشت را کمینه کنیم. همانطور که در نمودار نشان داده شده است، بخش عمده‌ای از هزینه O&M در فاز طراحی و توسعه اولیه تجهیز ثابت می‌شود. در طول طراحی، ساخت و نصب دارایی، فرصت‌های فراوانی برای کاهش LCC وجود دارد.

شکل ۶.۱۶- هزینه‌های برآورد شده و خرج شده در طول چرخه عمر یک دارایی

دارایی‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که با حداقل نیازهای عملیات و نگهداشت، به راحتی قابل بهره برداری و نگهداری باشند. همانطور که قبلاً در همین فصل توضیح داده شد، قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت، ویژگی‌های طراحی هستند؛ باید در طراحی پیش بینی شوند و بعداً قابل اضافه شدن نیستند. برای داشتن دارایی‌های قابل اطمینان و با امکان نگهداشت آسان، باید مطمئن شویم که صاحبان دارایی، از جمله اپراتورها، در توسعه الزامات و همچنین بررسی طراحی نهایی شرکت دارند. در طراحی برای قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت، توجه باید به موارد زیر باشد:

- الزامات و مشخصات قابلیت اطمینان
- طراحی برای قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت
- انتخاب و پیکربندی مناسب اجزا برای تضمین قابلیت اطمینان و دسترس پذیری مورد نیاز
- بازبینی طراحی برای قابلیت نگهداشت
- پشتیبانی لجستیکی – برنامه نگهداشت و مستندات برای کاهش MTTR
- کاهش هزینه‌های عملیات و نگهداشت

الزامات و مشخصات قابلیت اطمینان

برای توسعه یک دارایی قابل اطمینان، باید الزامات و مشخصات قابلیت اطمینان به خوبی مشخص شده باشد. این مشخصات باید اکثر شرایطی را که دارایی باید در آنها کار کند، شامل زمان مأموریت، محدودیت‌های استفاده و محیط عملیاتی، را پوشش دهند. در بسیاری از موارد، توسعه این مشخصات نیاز به توضیحات دقیق در مورد عملکرد دارایی از منظر قابلیت اطمینان دارد. استفاده از یک معیار واحد، مانند MTBF به عنوان تنها معیار قابلیت اطمینان، کافی نیست. حتی بدتر از آن، بیان مشخصات به این صورت است که دارایی "نه بدتر" از مدل موجود یا قبلی خواهد بود. مشخصات قابلیت اطمینان گنگ و نامفهوم،

³⁵ Paul Barringer

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

فضای زیادی برای خطا ایجاد می کند و در نتیجه، الزامات طراحی به خوبی درک نخواهند شد و در نهایت تجهیز غیر قابل اطمینانی وارد میدان می شود.

البته، در مواردی ممکن است سازمانی برای تعریف مشخصات قابلیت اطمینان دارایی، سابقه یا تجربه قابلیت اطمینان لازم را نداشته باشد. در این موارد، باید تجزیه و تحلیل داده‌های موجود از دارایی‌های قبلی یا مشابه، انجام شود. اگر اطلاعات کافی برای توصیف عملکرد قابلیت اطمینان یک دارایی مشابه وجود دارد، می‌توان با ساده سازی، این داده‌های تاریخی قابلیت اطمینان را به ویژگی‌های عملکرد قابلیت اطمینان مورد نظر دارایی جدید تبدیل کرد.

در واقع، در تعریف مشخصات قابلیت اطمینان، باید مسایل مالی هم در نظر گرفته شوند. چه مقدار قابلیت اطمینانی را می‌توانیم تحمل کنیم؟ چه تعداد خرابی را می‌توانیم قبول کنیم؟ آیا باید خرابی صفر داشته باشیم؟ خرابی صفر هدفی عالی است، ولی آیا می‌توانیم هزینه‌های آن را توجیه کنیم؟ ایجاد تعادل مناسب بین محدودیت‌های مالی و انتظارات واقع‌گرایانه از عملکرد قابلیت اطمینان دارایی، برای توسعه مشخصات دقیق و متعادل قابلیت اطمینان لازم است.

عناصر کلیدی مشخصات قابلیت اطمینان

- احتمال عملکرد موفق
- کارکرد (مأموریت) ی که باید انجام شود
- زمان استفاده (زمان مأموریت)
- شرایط عملیاتی
- محیط
- مهارت اپراتورها / کارکنان نگهداری و تعمیرات

یک مثال از الزامات قابلیت اطمینان برای یک سیستم خودرو* شامل یک موتور، یک موتور راه انداز و یک باتری است.

باید احتمال ۹۰٪ (موفقیت) وجود داشته باشد که سرعت چرخش پس از ۱۰ ثانیه چرخش (مأموریت) در دمای منفی ۲۰ درجه فارنهایت (محیط) برای مدت ۱۰ سال یا ۱۰۰،۰۰۰ مایل (زمان) بیشتر از ۸۵ دور در دقیقه باشد. قابلیت اطمینان باید با سطح اعتماد ۹۵٪ نمایش داده شود.

* اصول و راهکارهای فناوری تضمین کیفیت به قلم راهیا و الوکو

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

بیاپید مثال دیگری از یک سلول / سیستم تولیدی که نیاز به تولید محصول xyz با نرخ ## / ساعت یا روز، با کیفیت Qx دارد، را در نظر بگیریم. الزامات مرتبط با قابلیت اطمینان با استفاده از داده های عملیاتی و برخی فرضیات قابل توسعه هستند. رویکرد پیشنهادی عبارت است از:

- محیط عملیاتی / چرخه وظیفه را تعریف کنید، به عنوان مثال:
 - ۲۰ ساعت در روز و ۲۵۰ روز در سال یا ۵۰۰۰ ساعت در سال
 - تعداد شکست های پیش بینی شده > 5 در سال (این یک فرض است - ما چه مقداری را می توانیم تحمل کنیم؟ آیا می توانیم با کمتر از ۵ خرابی در سال زندگی کنیم؟)
- الزامات قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر و نگهداری (براساس داده ها و فرضیات بالا)
 - $MTBF = 500/5 = 1000$ ساعت
 - شکست در ساعت $FR = 1/1000 = 0.001$

• زمان تخمینی تعمیر یا MTTR می تواند براساس فرضیات زیر محاسبه شود:

- ۳ خرابی در کارکرد کمتر از یا مساوی ۲ ساعت = ۶ ساعت
- ۱ خرابی در کارکرد کمتر از یا مساوی ۱۰ ساعت = ۱۰ ساعت
- ۱ خرابی در کارکرد کمتر از یا مساوی ۲۴ ساعت = ۲۴ ساعت

بنابراین، MTTR مورد نیاز = $5/40 = 8$ ساعت

• الزامات قابلیت اطمینان و دسترس پذیری:

- قابلیت اطمینان برای عملیات ۲۰ ساعت در روز
- $R_{20} = e^{-(0.001 \times 20)} = 98\%$
- دسترس پذیری:
- $Availability = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} = \frac{1000}{1008} = 99\%$

• هزینه های عملیاتی مورد نیاز (مورد نظر)

- ۲ نفر - ساعت / ساعت عملیات (در حال حاضر ۳ نفر - ساعت کاری در ساعت)
- هزینه های انرژی و سایر خدمات عمومی: ۲۰٪ کمتر از مقدار کنونی (مصرف کنونی ۲ مگاوات است، به همراه موارد دیگر)
- هزینه نگهداشت (پیشگیرانه و اصلاحی): ۲٪ یا کمتر از ارزش جایگزینی دارایی^{۳۶} (در حال حاضر ۲.۷٪ با افزایش ۰.۲٪ در سال)

³⁶ Replacement Asset Value

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

با توجه به محاسبات و داده های فوق، می توانیم الزامات زیر را برای این سیستم جدیدی که در حال تهیه آن هستیم، مشخص کنیم.

• MTBF برابر با ۱۰۰۰ ساعت یا FR برابر ۰/۰۰۱ خرابی در ساعت

• MTTR برابر با ۸ ساعت

یا می توانیم قابلیت اطمینان ۹۸٪ برای ۲۰ ساعت عملیات در روز و دسترس پذیری ۹۹٪ را درخواست کنیم. به همین ترتیب، می توانیم مشخص کنیم که کل هزینه های عملیاتی و هزینه های نگهداشت نباید از عدد یا درصد خاصی از ارزش جایگزینی سیستم بیشتر باشد. با این حال، این اعداد باید، با انجام FMEA، توسط طراحان / سازندگان سیستم صحت گذاری شوند.

علاوه بر این، الزامات و مشخصات باید شامل موارد زیر باشد:

- نمایش داده های عملکرد دارایی – مانند هشدارهای زود هنگام
- جریان، دما، فشار و غیره
- دیگر داده های شرایط عملیاتی / دارایی
- نمایشگر تشخیصی^{۳۷} – تعیین نقاط مشکل دار
- استفاده از قطعات و مولفه های ماژولار و استاندارد
- استفاده از قطعات / اجزای تکراری (افزونه) برای افزایش قابلیت اطمینان
- حداقل کردن ابزار / قطعات ویژه
- مواد آموزشی عملیات و نگهداشت
- برنامه نگهداشت مبتنی بر FMEA یا RCM
- حداکثر استفاده از فناوری های CBM
- پایه قطعات یدکی پیشنهادی
- تحلیل هزینه چرخه عمر
- تخمین هزینه های O&M

رویکرد قابلیت اطمینان در طراحی

مشخص شده است که با ایجاد تغییرات در طراحی می توان تا ۶۰٪ از شکست ها و مسایل ایمنی جلوگیری کرد. دارایی ها باید:

³⁷³⁷ Diagnostic display

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- برای تحمل خطا طراحی شوند
- برای شکست ایمن شوند
- با هشدار زودهنگام خرابی برای کاربر طراحی شوند
- با یک سیستم تشخیصی داخلی برای شناسایی محل شکست طراحی شوند
- اگر امکان پذیر است، برای از بین بردن همه حالت های شکست یا حالت های شکست بحرانی با هزینه مناسب، طراحی شوند

پیشنهاد می شود که تحلیل های زیر در فاز طراحی – از طراحی مفهومی تا طراحی نهایی – انجام شوند:

• تحلیل قابلیت اطمینان

- شکست های دارایی و سیستم را در بلند مدت کاهش می دهد
- قابلیت اطمینان سیستم بستگی به قدرت طراحی، همچنین کیفیت و قابلیت اطمینان قطعات آن دارد

• تحلیل قابلیت نگهداشت

- زمان از کار افتادگی را کمینه می کند – زمان تعمیر را کاهش می دهد
- هزینه های نگهداشت را کاهش می دهد

• تحلیل ایمنی و خطرات سیستم

- ریسک های مرتبط با ایمنی را در طول چرخه عمر سیستم شناسایی کرده، آنها را حذف می کند یا کاهش می دهد

• تحلیل مهندسی عوامل انسانی

- از خطاها یا حوادث ناشی از انسان پیشگیری می کند
- ریسک های مرتبط با خطاهای ارتباطی (بین انسان و ماشین) را کاهش می دهد

• تحلیل لجستیک

- هزینه های پشتیبانی میدانی ناشی از کیفیت ضعیف، قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداشت و ایمنی را کاهش می دهد
- دسترسی به همه مستندات، از جمله برنامه PM، قطعات یدکی و نیازهای آموزشی را تضمین می کند

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

چک لیست زیر به عنوان راهنمایی برای بررسی طراحی و اطمینان حاصل کردن از اینکه به مسایل قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداشت و ایمنی به مقدار کافی پرداخته شده است، پیشنهاد می شود.

چک لیست بررسی طراحی

- آیا تحلیل های قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداشت، دسترس پذیری و ایمنی انجام شده است؟
- آیا تحلیل حالات و اثرات خرابی (FMEA) در طول طراحی - در بررسی های طراحی اولیه (PDR) و بررسی های طراحی بحرانی (CDR) انجام شده است؟
- آیا تحلیل بدون خطا^{۳۸} می تواند برای بهبود طراحی استفاده شود؟
- آیا طراحی مقاوم در برابر خطا بررسی شده است؟
- آیا قابلیت تعویض قطعات تحلیل شده است؟
- آیا طراحی ماژولار بررسی شده است؟
- آیا استفاده از افزونگی برای دستیابی به قابلیت اطمینان مطلوب در نظر گرفته شده است؟
- آیا طراحی برای جلوگیری از خطاهای انسانی مورد بررسی قرار گرفته است؟
- آیا طراحان با راهنماهای مهندسی عوامل انسانی آشنایی دارند؟
- آیا تحلیل نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) در طراحی مد نظر قرار گرفته است؟
- آیا طراحی از نوع تعویض به جای تعمیر (مانند لامپ های ال ای دی) در نظر گرفته شده است؟
- آیا تست و تشخیص در داخل سیستم (توکار)^{۳۹} در طراحی مد نظر قرار گرفته است؟
- آیا قابلیت پایش (نظارت) بر خود^{۴۰} و بررسی خود^{۴۱} قابل قبول است؟
- آیا قطعات و دارایی ها برای تعمیر به راحتی قابل دسترسی هستند؟
- آیا شکست های مرتبط با خوردگی تحلیل شده اند؟
- آیا قطعات نیاز به محافظت از خوردگی دارند؟
- آیا طراحی خرابی صفر از نظر اقتصادی امکان پذیر است؟
- آیا نیاز به طراحی برای شناسایی آسیب وجود دارد؟
- آیا در طراحی، قابلیت اطمینان نرم افزار مشخص شده و در نظر گرفته شده است؟
- آیا قابلیت جداسازی خطا^{۴۲} لازم است؟
- آیا فاصله کافی بین مدارهای الکترونیکی وجود دارد؟
- آیا مسایل منطقی نرم افزار به طور مستقل بررسی شده اند؟

³⁸ fault-free

³⁹ built-in

⁴⁰ self-monitoring

⁴¹ self-checking

⁴² fault-isolation

- آیا کد نرم افزار به طور جامع بررسی شده است؟
- آیا طراحی خودتعمیر^{۴۳} قابل اجرا یا لازم است؟
- آیا افزونگی ها برای نرم افزار مورد بررسی قرار گرفته اند؟
- آیا سوییچ های دستگاه های پشتیبان قابل اطمینان هستند؟ آیا نیاز به نگهداری دارند؟
- آیا دستگاه های محافظ مانند فیوزها، اسپرینکلرها و شیرهای فشارشکن قابل اطمینان هستند؟
- آیا دارایی باید در برابر زلزله و بارهای غیرعادی مقاوم باشد؟ اگر بله، آیا تغییرات طراحی کافی هستند؟
- آیا کارکنان تولید / ساخت و نگهداشت می توانند باعث ایجاد خطا شوند؟ آیا این مسأله با طراحی قابل پیشگیری هست؟
- آیا اپراتور می تواند ورودی های اشتباه - سوییچینگ اشتباه یا بارهای اضافی و غیره را وارد کند؟ اگر بله، آیا دارایی به گونه ای طراحی شده است که به حالت شکست ایمن تغییر کند؟
- آیا یک قطعه تنها می تواند باعث خرابی یک کارکرد بحرانی شود؟ اگر بله، آیا می توان آن را بازطراحی کرد؟
- آیا محیط های غیرعادی وجود دارند که تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته اند؟ در صورت استفاده از مواد خطرناک، چگونه می توان آنها را به صورت ایمن مدیریت و کنترل کرد؟
- آیا تحلیل رشد ترک و تحمل خرابی مورد نیاز است؟
- آیا حدود ایمنی^{۴۴} کافی هستند؟
- آیا تدابیر بازرسی برای شناسایی ترک ها، آسیب ها و نقص ها در نظر گرفته شده است؟
- آیا آزمایش های تولید برنامه ریزی و بررسی شده اند؟
- چگونه قابلیت اطمینان تأیید و / یا اعتبار سنجی خواهد شد؟

۵.۶ خلاصه

بهبود قابلیت اطمینان برای موفقیت هر سازمانی، به ویژه در عملیات و نگهداشت آن، بسیار حیاتی است. درک قابلیت اطمینان و شیوه ارتباط آنها اساس کاهش هزینه های چرخه عمر دارایی ها و کارخانه است.

قابلیت اطمینان روی توانایی دارایی برای انجام کارکرد مورد نظر برای پشتیبانی از فرآیند ساخت یا تولید محصول یا ارائه خدمات تمرکز دارد. قابلیت اطمینان با شکست خاتمه می یابد، به عبارت دیگر، زمانی که عدم قابلیت اطمینان رخ می دهد. عدم قابلیت اطمینان هزینه بالایی برای سازمان به همراه دارد. هزینه بالایی عدم قابلیت اطمینان، انگیزه لازم برای یافتن یک راه حل مهندسی را برای کنترل و کاهش هزینه ها فراهم می کند.

⁴³ self-healing

⁴⁴ safety margins

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

نگهداشت، کار حفظ دارایی در شرایط عملیاتی مناسب است. ممکن است شامل اقدامات بازرسی و تعمیر باشد تا دارایی ها به صورت ایمن کار کرده، قابلیت های طراحی شده را تولید یا ارائه دهند. بنابراین، نگهداشت دارایی ها را در شرایط کاری قابل قبول نگه می دارد، از شکست آنها جلوگیری می کند و در صورت شکست، آنها را به سرعت و با حداکثر اثربخشی به سطح عملیاتی خود برمی گرداند. قابلیت اطمینان باید در طراحی در نظر گرفته شود. بنابراین، یک وظیفه استراتژیک است. در مقابل، نگهداشت دارایی را در وضعیت عملیاتی نگه می دارد و یک وظیفه تاکتیکی است. ویژگی های قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت معمولاً در طراحی محصول یا دارایی ایجاد می شوند. این ویژگی ها نیازهای نگهداشت را، با استفاده از اجزای قابل اطمینان، امکان تعویض ساده تر و بازرسی های آسان تر، کمینه می کنند. قابلیت اطمینان با MTBF اندازه گیری می شود که معکوس نرخ خرابی است. قابلیت نگهداشت – میزان آسان بودن نگهداشت – با MTTR اندازه گیری می شود. مشخص شده است که هزینه های عملیات و نگهداشت (O&M) حدود ۸۰٪ یا بیشتر از کل هزینه چرخه عمر یک دارایی است. کاهش هزینه های O&M بسیار مهم است. بیشتر مخارج عملیات و نگهداشتی که در آینده باید هزینه شوند، در فاز طراحی و توسعه دارایی تنظیم می شوند. بنابراین، باید در فاز طراحی و ساخت دارایی ها به طور مناسب به جنبه های قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداشت و ایمنی سیستم پردازیم تا هزینه کلی چرخه عمر دارایی ها را، در طی طراحی و ساخت آنها، کاهش دهیم.

۶.۶ پرسش های خودآزمایی

- پ ۱.۶. قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت را تعریف کنید.
- پ ۲.۶. تفاوت بین نگهداشت و قابلیت نگهداشت چیست؟
- پ ۳.۶. اگر یک دارایی با قابلیت اطمینان ۷۰٪ کار کند، برای رسیدن به قابلیت اطمینان ۹۰٪ چه کاری باید انجام دهیم؟ فرض کنید دارایی برای ۱۰۰ ساعت باید کار کند.
- پ ۴.۶. اگر نرخ خرابی یک دارایی ۰.۰۰۱ شکست در ساعت باشد، قابلیت اطمینان آن برای ۱۰۰ ساعت عملیات چقدر است؟
- پ ۵.۶. اگر نرخ خرابی یک دارایی ۰.۰۰۰۱ خرابی در ساعت و میانگین زمان تعمیر آن ۱۰ ساعت باشد، دسترس پذیری دارایی قدر است؟
- پ ۶.۶. اگر یک کارخانه برای ۱۰۰ ساعت روشن و برای ۱۰ ساعت خاموش باشد، قابلیت دسترس آن چقدر است؟
- پ ۷.۶. اگر MTBF یک دارایی ۱۰۰۰ ساعت و MTTR آن ۱۰ ساعت باشد، قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان آن برای ۱۰۰ ساعت عملیات چقدر است؟
- پ ۸.۶. قابلیت دسترسی را تعریف کنید. چه استراتژی هایی برای بهبود آن می توان اتخاذ کرد؟
- پ ۹.۶. تأثیر هزینه های عملیات و نگهداشت بر هزینه چرخه کل عمر یک دارایی چیست؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پ ۱۰۶. چه رویکردهایی را می توان در فاز طراحی یک دارایی برای بهبود قابلیت اطمینان آن اعمال کرد؟

۷.۶ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Paul Barringer. www.Barringer1.com
2. Blanchard, B.S., D. Verma, and E.L. Peterson. Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management. John Wiley and Sons, 1995.
3. Ebeling, C.E. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. McGraw Hill, 1996.
4. Narayan, V. Effective Maintenance Management. Industrial Press, 2004.
5. O'Conner, Patrick D.T. Practical Reliability Engineering. John Wiley and Sons, 1985.
6. Raheja, Dev and Michael Allocco. Assurance Technologies Principles and Practices, 2nd edition. Wiley-Interscience, 2006

فصل ۷

قابلیت اطمینان اپراتوری

محرك قابلیت اطمینان نمی تواند سازمان نگهداشت باشد، بلکه باید واحد عملیات باشد ... و از بالای سازمان رهبری شود.
چارلز بیلی

۱.۷ مقدمه

۲.۷ واژگان و تعاریف کلیدی

۳.۷ نقش واحد بهره برداری

۴.۷ نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM)

۵.۷ سازماندهی محیط کار: 5S

۶.۷ اثربخشی کلی تجهیز (OEE)

۷.۷ معیارهای اندازه گیری عملکرد

۸.۷ خلاصه

۷.۹ پرسش های خودآزمایی

۱۰.۷ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل، قادر خواهید بود:

- نقش بهره بردارها در حفظ و بهبود قابلیت اطمینان را درک کنید
- با نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM) و پیاده سازی آن آشنا شوید
- اثربخشی کلی تجهیز (OEE) را درک کنید
- طراحی محل کار را بشناسید
- پیاده سازی برنامه 5S برای بهینه سازی بهره وری را درک کنید

۱.۷ مقدمه

در فصل ۱ هدف سازمان نگهداشت و قابلیت اطمینان را بحث کردیم: تضمین اینکه دارایی ها در دسترس باشند تا در زمان نیاز و بصورت مقرون بصرفه ای محصولات باکیفیت تولید کنند و خدمات باکیفیت ارائه دهند. عملکرد یک دارایی بر سه عامل استوار است:

- قابلیت اطمینان (ذاتی) - چگونه طراحی شده است؟
 - برنامه نگهداشت - چگونه نگهداری خواهد شد؟
 - محیط عملیاتی - در چه محیطی و با چه روش هایی کار خواهد کرد؟
- دو عامل قابلیت اطمینان و برنامه نگهداشت در چند فصل دیگر بحث می شوند. عامل سوم، محیط عملیاتی، در این فصل بحث خواهد شد. این عامل شامل مهارت های اپراتورها و شرایط عملیاتی است که دارایی در آن شرایط کار می کند. چندین مطالعه نشان داده است که بیش از ۴۰٪ شکست ها نتیجه مستقیم خطاهای عملیاتی یا شرایط عملیاتی نامناسب هستند. این شکست ها و آنهایی که به دلیل طراحی ذاتی نادرست دارایی ایجاد می شوند، را می توان به حداقل رساند یا حذف کرد، اگر اپراتورها درک خوبی از دارایی داشته باشند و بدانند شیوه ای که با تجهیز کار می کنند بر عملکرد کلی آن تأثیر می گذارد. اپراتورها باید نسبت به بهره برداری مناسب از دارایی های تحت کنترل شان احساس مسؤولیت داشته باشند. اپراتورها با آن تجهیزات زندگی می کنند و نفس می کشند. آنها می توانند احساس کنند که چیزی نادرست یا غیرعادی در عملکرد آن دارایی وجود دارد.
- به عنوان مثال، خودرویی را در نظر بگیرید که هر روز با آن به محل کار می روید. اگر صدای نامناسبی دارد یا بد روشن می شود، اگر ترمزها صدا می کنند یا اگر خودرو برای توقف مسافت بیشتری را طی می کند، شما - به عنوان بهره بردار - نخستین نفری خواهید بود که متوجه شرایط غیرعادی خودرو می شوید. به عنوان بهره بردار اصلی خودرو (دارایی)، شما می دانید که چیزی در حالت رانندگی (عملیات) اشتباه است. سپس اقدامات اصلاحی را انجام می دهید (یا خودتان آن را تعمیر می کنید یا آن را به تعمیرگاه می برید).
- به طور مشابه، اپراتور یک دارایی می تواند حس کند که آیا چیزی غیرعادی یا خارج از معمول وجود دارد یا خیر. اغلب این مشکلات را می توان در مراحل اولیه به صورت مقرون بصره ای توسط خود اپراتورها یا با کمک به موقع کارکنان نگهداشت برطرف کرد. با این حال، اگر مشکلات در مراحل اولیه و به موقع برطرف نشوند، ممکن است به شکست های بزرگتری منجر شوند که تعمیر آنها هزینه بسیار بیشتری داشته باشد. در واقع، اپراتورها باید در خط مقدم مراقبت از شرایط غیرعادی دارایی و آغاز اقدامات اصلاحی باشند. ولی، بسیاری از سازمان ها نتوانسته اند اپراتورها را به درستی در نگهداشت دخالت دهند، زیرا فرهنگ کاری ما در چند دهه اخیر تغییر کرده است.

این تغییر فرهنگ کاری به دو دلیل اصلی رخ داده است:

۱. تقسیم کار بین عملیات و نگهداشت و جدا کردن آنها
۲. سیستم قدیمی پاداش دهی و تشویق کارکنان

در حال حاضر تقسیم کار واضحی بین نیروی کار وجود دارد. واحد تولید دارایی ها را به کار می گیرد و واحد نگهداشت آنها را، وقتی که خراب شده اند، تعمیر می کند. نگهداشت در مورد بازیابی دارایی ها به حالت

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

عملیاتی بهینه است. برای یک تیم نگهداشت که بصورت تاریخی خود را به عنوان "مردان تعمیر" تعریف کرده است، تغییر پارادایم به فرهنگ قابلیت اطمینان، به چالش کشیدن بقای خودشان است. آنها فکر می کنند، "اگر دارایی ها خراب نشوند، ارزش مشارکت آنها نادیده گرفته می شود و حضور آنها برای چه کسی ارزش خواهد داشت؟"

به همین ترتیب، اپراتورها فقط می خواهند از دارایی ها استفاده کنند و به نیازهای نگهداشت و شرایط عملیاتی صحیح آنها توجهی نمی کنند. آنها گاهی اوقات در دیدن تصویر کلی مشکل دارند. آنها می توانند با درگیر شدن، انجام اقدامات پیش کنشی، شناسایی شکست ها در مراحل ابتدایی و همکاری به موقع با واحد نگهداشت، کمک کنند تا تعداد شکست ها کاهش یابد. بنابراین، نیاز به مالکیت مسئولانه از هر دو طرف وجود دارد.

برای دهه ها، ما از یک سیستم پاداش دهی استفاده کرده ایم که باعث شده است فرهنگی نامناسب ایجاد شود. تیم های طراحی برای دستیابی به قابلیت عملکرد عملیاتی با کمترین هزینه، پاداش داده می شوند، بدون اینکه به مشکلات پایین دست در عملیات و نگهداشت و هزینه های واقعی دوره عمر دارایی توجه شود. تیم های تولید زمانی پاداش می گیرند که رکورد تولید را برای خود ثبت کنند، بدون در نظر گرفتن مقدار تقاضای واقعی برای محصول و بدون توجه به تأثیر اقداماتشان بر سلامت دارایی ها.

تیم های نگهداشت به طور معمول به دلیل تعمیر شکست های دارایی ها، و نه بهبود قابلیت اطمینان یا دسترسی پذیری آنها، پاداش می گیرند. آنها هنگامی که در زمان های غیرمعمول برای تعمیر تجهیزات خراب می آیند و آن را تعمیر می کنند، پرداختی بیشتری می گیرند و مشمول تشویق مدیریت می شوند. اگر به ما برای شکست ها پاداش می دهند، چرا باید به دنبال افزایش قابلیت اطمینان باشیم؟ چه کسی برای کاهش ساعات اضافه کاری به میزان ۱۵-۲۰٪ پیش قدم و داوطلب می شود؟

کارکنان به چیزی که مدیرانشان می گویند توجه کمتری می کنند، نسبت به آنچه که در واقع انجام می دهند. اگر مدیریت بگوید که به دنبال قابلیت اطمینان است - شکست صفر یا حداقل شکست - ولی همچنان برای شکست ها پاداش پرداخت کند، شکست ها همچنان وجود خواهند داشت. این فرهنگ باید تغییر کند و بهبود یابد.

نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM) روشی است که در ژاپن ابداع شده است و به مشکلات بین واحد نگهداشت و واحدهای دیگر سازمان، به خصوص عملیات/تولید، می پردازد. ساختار بیشتر سازمان ها به این صورت است که واحد نگهداشت در یک سمت و واحد عملیات در سمت دیگر سازمان قرار دارند. اگرچه همه واحدها هدف یکسانی دارند - تبدیل شدن به یک واحد بهره ور در سازمان - ولی خطوط سازمانی اغلب در مسیر این هدف قرار می گیرند و باعث تأخیر و توقف تولید می شوند. TPM به کاهش یا از بین بردن برخی از این مشکلات کمک می کند.

طراحی اثربخش محیط کار شامل فهرست هدفمندی از فعالیت ها است و سازمان دهی و کارآیی در فضای کار را ترویج می کند. این فعالیت ها با نام پنج اس (5S) شناخته می شوند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

واحدهای نگهداشت و تولید باید به صورت هماهنگ و سازگار با یکدیگر کار کنند تا محصول با کیفیت بالا را به روشی بدون اتلاف و به صورت مقرون بصرفه تولید کنند. عملاً هر فلسفه و روش مدیریت اصلی که امروزه استفاده می شود، رابطه یکپارچه بین واحدهای نگهداشت و عملیات/تولید را تأیید و تقویت می کند. روش های تولید بهنگام^۱ (JIT) و تولید ناب^۲ بدون سطح بالای قابلیت اطمینان و دسترس پذیری دارایی ها، که با مشارکت فعال اپراتورها در فرآیند نگهداشت ایجاد می شود، ممکن نخواهند بود. در این فصل، نقش واحد عملیات/تولید در حفظ و بهبود قابلیت اطمینان و دسترس پذیری دارایی ها و سیستم ها در عین کاهش هزینه کلی را بررسی خواهیم کرد - به عبارت دیگر، قابلیت اطمینان اپراتوری.

۲.۷ واژگان و تعاریف کلیدی

اثربخشی کلی تجهیز (OEE)^۳

اثربخشی کلی تجهیز (OEE) معیار اندازه گیری اثربخشی تجهیز یا فرآیند براساس دسترسی واقعی، عملکرد و کیفیت محصول یا خروجی است. این معیار با ضرب کردن این سه عامل محاسبه می شود و به صورت درصد بیان می شود. هدف OEE شناسایی منابع اتلاف و ناکارایی است که باعث کاهش دسترسی، عملکرد و کیفیت (عیوب) می شود، تا بتوان اقدامات اصلاحی را برای بهبود فرآیند انجام داد.

پنج اس (5S)

پنج اس یک برنامه سازمان یافته برای دستیابی به تمیزی و استانداردسازی در سطح سازمانی در محیط کار است. یک محیط کار سازمان یافته، عملکرد ایمن تر، کارآتر و بهره وری خواهد داشت. این برنامه از پنج عنصر شامل جداسازی (تفکیک)، نظم و ترتیب دادن، تمیز کردن، استانداردسازی و پایدارسازی تشکیل شده است.

دسترسی^۴ (مرتبط با OEE)

دسترسی به معنای درصد زمان واقعی که یک دارایی کار کرده (آماده بکار بوده) نسبت به مدت زمانی است که برای کار برنامه ریزی شده بود.

عملکرد مؤثر کلی تجهیزات (TEEP)^۵

^۱ Just-In-Time

^۲ Lean Manufacturing

^۳ Overall Equipment Effectiveness

^۴ Availability

^۵ Total Effective Equipment Performance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

عملکرد مؤثر کلی تجهیزات (TEEP) معیار اندازه گیری اثربخشی کلی دارایی یا فرآیند است. این معیار براساس چهار عامل استفاده (بکارگیری)، دسترسی، عملکرد و کیفیت محاسبه می شود. TEEP با ضرب کردن این چهار عامل محاسبه و به صورت درصد بیان می شود. همچنین می توان آن را با ضرب کردن OEE در میزان استفاده هم محاسبه کرد.

هدف TEEP اندازه گیری عملکرد سازمان در ایجاد ارزش پایدار از دارایی های خود است.

قابلیت اطمینان اپراتوری (ODR)^۶

اپراتور تجهیزات با شناسایی مشکلات و شکست های بالقوه تجهیزات به بهبود قابلیت اطمینان آنها کمک می کند. اگر مشکلات کوچک باشند، خود اپراتور آنها را رفع می کند و اگر بزرگ باشند، با کمک نگهداشت و به صورت برنامه ریزی شده آنها را تعمیر می کند. ODR همچنین به عنوان قابلیت اطمینان مبتنی بر اپراتور (OBR)^۷ یا نگهداشت مبتنی بر اپراتور (OBM)^۸ نامیده می شود.

محیط کار دیداری (بصری)

محیط کار دیداری از نمایشگرهای تصویری برای ارتباط با کارکنان و هدایت اقدامات آنان استفاده می کند. محیط کار با نشانه ها، برچسب ها، نشانگرهای رنگی و غیره تنظیم می شود تا هر کسی که با تجهیزات یا فرآیند آشنایی ندارد، بتواند به راحتی متوجه شود که چه اتفاقی در محیط کار رخ می دهد، فرآیند را درک کند و همچنین بداند چه چیزی به درستی انجام شده است و چه چیزی نادرست است.

نرخ استفاده^۹

درصد زمانی که یک تجهیز برای عملیات برنامه ریزی شده است، تقسیم بر کل زمان موجود است (ممکن است ۲۴ ساعت در روز، ۳۶۵ روز در سال و غیره باشد).

نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM)^{۱۰}

TPM یک استراتژی نگهداشت است که در ژاپن ایجاد شده است؛ این استراتژی روی همکاری عملیات و نگهداشت تأکید می کند. اهداف آن شامل عیوب صفر^{۱۱}، حوادث صفر، خرابی صفر و طراحی اثربخش محیط کار برای کاهش هزینه های کلی عملیات و نگهداشت می شود.

⁶ Operator Driven Reliability

⁷ Operator-Based Reliability

⁸ Operator-Based Maintenance

⁹ Utilization Rate

¹⁰ Total Productive Maintenance

¹¹ zero defect

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

شکل ۱.۷ واژگان ژاپنی و تعاریفی را که معنای صنعتی خاصی دارند، فهرست می‌کند. برخی از این واژه ها در مکالمات واژگان روزمره محیط کار نیز استفاده می‌شوند.

بکیدو	Bekidou	بهینه سازی خروجی
گمبا	Gemba	محیط کار
کانبان	Kanban	یک کارت/برگه یا یک وسیله دیداری برای اعلام آمادگی به فرآیند قبلی
کاروشی	Karoshi	مرگ از کار بیش از حد
کایزن	Kaizen	بهبود مستمر
کتن	Ketten	نقص یا عیب
جیدوکا	Jidoka	خودکارسازی (اتوماسیون) با هوش انسانی – Autonomation
مودا	Muda	اتلاف (ضایعات مهلك – تولید بیش از حد، انتظار، موجودی و ...)
مورا	Mura	عدم تعادل ها ^{۱۲}
موری	Muri	غیرمنطقی بودن (بی دلیل بودن)
هیجونا	Heijunka	سیستمی برای روان سازی تولید، که به منظور دستیابی به جریان کاری روان تر و پایدارتر طراحی شده است.
پوکا یوکه	Poka Yoke	ابزاری برای خطا ناپذیر کردن یا پیشگیری از عیب
سنسی	Sensei	کسی که اطلاعات را تأمین می‌کند (معلم، فردی که دانش پیشرفته ای دارد)
سیری	Seiri (Sort)	بررسی کردن همه ابزارها، مواد و ... و نگهداری فقط موارد ضروری.
سیتون	Seiton (Set in Order)	روی محیط کار منظم تمرکز می‌کند.
سیسو	Seiso (Shine)	تمیزکاری نظام مند یا نیاز به تمیز و پاکیزه نگاه داشتن محیط کار.
سیکتسو	Seiketsu (Standardizing)	استانداردسازی روش های محیط کار
شیتسوک	Shitsuke (Sustain)	پایدارسازی دستاوردها
سیسان	Seisan	تولید یا ساخت
کاراوکه	KARAOKE	به اصطلاح "ارکستر خالی". شکلی از سرگرمی که در آن افراد آهنگ های معروف را همراه با موسیقی ضبط شده آن می‌خوانند.

¹² inconsistencies

شکل ۱۰۷- واژگان ژاپنی مرتبط با تعمیر و نگهداری و تعاریف آنها

۳.۷ نقش واحد عملیات

مفهوم قابلیت اطمینان اپراتوری (ODR) - گاهی به عنوان اطمینان مبتنی بر اپراتور یا OBR هم نامیده می شود - بخشی از استراتژی کلی نگهداشت پیش کنشی است.

هدف ODR کمک به فعالیت بهتر، طولانی تر، به صورت مقرون بصره و رقابتی تر کارخانه ها با کاهش زمان توقف برنامه ریزی نشده و افزایش زمان آماده بکاری فرآیندهای تولید و دارایی های مرتبط با آنها است.

اپراتورها می توانند با شناسایی مشکلات به صورت پیش کنشی، شکست ها را از بین برده یا کاهش و در نتیجه، قابلیت اطمینان را افزایش دهند. تملک و بهره برداری از دارایی ها از بزرگترین عوامل در هزینه کلی یک کارخانه هستند. کاهش این هزینه ها با افزایش زمان آماده بکاری دارایی ها می تواند سودهای اضافی را بدون هیچ هزینه اضافی ایجاد کند.

در قالب مفهوم ODR، اپراتورها فعالیت های نگهداشت پایه را، فراتر از وظایف معمول خودشان، انجام می دهند. آنها مسئولیت مشاهده و ثبت سلامت کلی دارایی را با بررسی نشی ها و صداها، پایش دما، لرزش و هرگونه وضعیت ناهنجار دارایی/سیستم بر عهده دارند. در برخی موارد، اپراتورها نواقص کوچکی را که پیدا می کنند، برطرف هم می کنند. آنها وظایفی مانند تمیزکاری، تنظیمات کوچک، روانکاری و وظایف پیشگیری و اصلاح ساده را، که به طور سنتی توسط تکنسین های نگهداشت انجام می شد، بر عهده می گیرند. این وظایف نشان دهنده تغییر نقش سنتی آنها از صرفا اپراتوری تجهیزات است. ODR ارتباز متقابل واحد عملیات با واحد نگهداشت و بخش های دیگر سازمان را به عنوان یک تیم تشویق می کند، تا تعداد شکست ها را کاهش دهند و در نتیجه، قابلیت اطمینان همه دارایی کارخانه را بهبود بخشند.

در بیشتر موارد، سازندگان اصلی تجهیزات (OEM)^{۱۳} روش بهره برداری از تجهیزات را پیشنهاد می کنند. توصیه های OEM گاهی بدون درک یا آگاهی از فرآیند یا محیطی که در واقع دارایی در آن کار می کند، ارائه می شوند. همچنین، سازندگان اطلاع اندکی از مهارت های اپراتورها دارند. معمولا اپراتورها و کارکنان نگهداشت را وادار به انجام کارهای بیشتری، نسبت به آنچه واقعا برای حفظ کارکرد دارایی نیاز است، می کنند. این الزام ممکن است منجر به انجام فعالیت های PM بیش از حد، بازرسی های غیرضروری و همچنین اتلاف وقت برای جمع آوری اطلاعات نامرتبط شود.

اگر اپراتورها مسئولیت شناسایی مشکلات باشند، احتمال شناسایی زود هنگام شکست های دارایی ها به صورت نمایی افزایش می یابد. این بهبود، به دلیل شناسایی زود هنگام عیوب، می تواند به افزایش قابلیت اطمینان دارایی ها با هزینه بسیار کمتر منجر شود.

¹³ Original Equipment Manufacturers

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

در بسیاری از سازمان‌ها، واحدهای نگهداشت و عملیات عملاً به طور مستقل از هم کار می‌کنند، در واقع از هم جدا شده‌اند و سیاست‌های کاری متفاوتی دارند. چنین شرایطی برای سازمان‌هایی که بهبود بهره‌وری و سودآوری خود را هدف گرفته‌اند، به نتیجه مطلوب نخواهد رسید. ODR می‌تواند به عنوان پلی برای دستیابی به این اهداف، با ترویج گفت‌وگو در داخل سازمانی و معرفی یک روش ارزان برای بهبود قابلیت اطمینان دارایی‌ها به کار رود. ODR می‌تواند فرهنگی را تشویق کند که شکست‌ها را برنمی‌تابد؛ می‌تواند همکاری تیمی بین بخش‌های مختلف را به حداکثر رسانده، فرصت‌های پنهان بهبود مستمر را شناسایی کند.

مفهوم ODR شباهتی با یک استراتژی نگهداشت دیگر به نام نگهداشت بهره‌ور فراگیر (TPM) دارد که در بخش بعدی به آن پرداخته خواهد شد.

۴.۷ نگهداشت بهره‌ور فراگیر (TPM)

نگهداشت بهره‌ور فراگیر (TPM) یک استراتژی مدیریت دارایی تیمی است که روی همکاری بین واحدهای عملیات و نگهداشت، با هدف دستیابی به عیوب صفر، خرابی‌های صفر، حوادث صفر و طراحی اثربخش محیط کار، تأکید می‌کند.

هدف TPM درگیر کردن همه سطوح سازمان با کارکردهای متفاوت در تلاش برای بیشینه‌سازی اثربخشی کلی دارایی‌های تولیدی است. این تلاش، از طریق کاهش اشتباهات و حوادث، باعث بهبود فرآیندهای موجود و دسترس‌پذیری دارایی‌های تولیدی می‌شود. به طور سنتی، واحد نگهداشت، برنامه‌های نگهداری و تعمیرات کارخانه را مدیریت می‌کند، ولی TPM سعی در جذب کارکنان همه واحدها - از تولید تا نگهداشت، در همه سطوح از کف کارخانه تا مدیران ارشد - دارد تا عملکرد اثربخش دارایی‌ها تضمین شود.

TPM بر اصول زیر استوار است:

- بهبود اثربخشی دارایی‌ها و تجهیزات
- نگهداشت خودگردان توسط اپراتورها
- خدمات، تنظیمات و تعمیرات کوچک
- نگهداشت برنامه‌ریزی شده توسط واحد نگهداشت
- آموزش برای بهبود مهارت‌های عملیات و نگهداشت
- طراحی بهتر محیط کار، شامل استانداردسازی رویه‌ها و پاکیزگی

TPM یک مفهوم نوآورانه ژاپنی است. مبدأ TPM را می‌توان به دهه ۱۹۶۰ میلادی بازگرداند که نگهداشت پیشگیرانه در ژاپن معرفی شد. نیپون دنسو^{۱۴}، یکی از تأمین کنندگان قطعات تویوتا، نخستین شرکتی بود که در سال ۱۹۶۰ برنامه نگهداشت پیشگیرانه کل کارخانه را معرفی کرد. ولی بعدتر با افزایش اتوماسیون دارایی‌ها و سیستم‌ها در نیپون دنسو، برنامه نگهداشت نیاز به انجام کارهای اضافی داشت و کارکنان نگهداشت بیشتری مورد نیاز بود. مدیریت تصمیم گرفت که نگهداشت روتین تجهیزات توسط خود اپراتورهای تجهیزات انجام شود. گروه نگهداشت مسؤول تعمیرات اصلی و فعالیت های نگهداشت ضروری شد. این شیوه بعدها به عنوان نگهداشت خود گردان شناخته و یکی از ستون های TPM^{۱۵} شد. در این مدل، پ از پیاده سازی یک برنامه نگهداشت پیشگیرانه، نیپون دنسو کارهای نگهداشت خود گردان را به وظایف اپراتورهای تجهیزات اضافه کرد. واحد نگهداشت روی PM تجهیزات و اصلاحات فرآیند برای بهبود قابلیت اطمینان تمرکز کرد. این بهبودها همچنین در طراحی تجهیزات جدید به کار گرفته شد که منجر به کاهش یا پیشگیری از کارهای نگهداشت گردید. بنابراین، نگهداشت پیشگیرانه، همراه با پیشگیری از نگهداشت^{۱۶} و بهبود طراحی، باعث تولد نگهداشت بهره ور^{۱۷} شد. هدف نگهداشت بهره ور، بیشینه کردن اثربخشی کارخانه و تجهیزات، برای دستیابی به هزینه چرخه عمر بهینه تجهیزات تولیدی بود.

نیپون دنسو همچنین در شکل گیری حلقه های کیفیت^{۱۸} نقش داشت، که مشارکت کارکنان را در بهبود کیفیت محصولات آنها تسهیل کرد. همه کارکنان نیپون دنسو در پیاده سازی نگهداشت بهره ور مشارکت داشتند. به دلیل مشارکت همه (یا کل) کارکنان کارخانه در اجرای نگهداشت بهره ور، سئچی ناکاجیما^{۱۹} از مؤسسه مهندسان کارخانه ژاپنی (JIPE)^{۲۰} که رهبر این تلاش بود، این مفهوم را نگهداشت بهره ور فراگیر نامید. براساس این پیشرفت‌ها، نیپون دنسو جایزه کارخانه ممتاز را برای توسعه و اجرای TPM دریافت کرد. بنابراین نیپون دنسو از گروه تویوتا، نخستین شرکتی شد که گواهی TPM را دریافت کرد. برنامه TPM شباهت زیادی به برنامه مدیریت کیفیت جامع (TQM)^{۲۱} دارد. بسیاری از ابزارهایی که در TQM استفاده می‌شوند، مانند توانمندسازی کارکنان، بهینه کاوی^{۲۲} و مستندسازی، برای پیاده سازی و بهینه‌سازی TPM نیز استفاده می‌شوند. موارد زیر شباهت‌های بین این دو برنامه را نشان می‌دهند.

الف- تعهد کامل سطوح بالای مدیریت به برنامه

¹⁴ Nippondenso

¹⁵ pillars

¹⁶ maintenance prevention

¹⁷ Productive Maintenance

¹⁸ quality circles

¹⁹ Seiichi Nakajima

²⁰ Japanese Institute of Plant Engineers

²¹ Total Quality Management

²² benchmarking

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ب- کارکنان باید توانایی اجرای اقدامات اصلاحی را داشته باشند

پ- پیاده سازی برنامه ها و تبدیل آنها به بخشی از فرآیند روزانه و مداوم ممکن است زمان زیادی را به خود اختصاص دهد، لذا یک استراتژی بلندمدت لازم است.

ت- تغییر فرهنگی - نیاز به طرز فکرهای جدید است.

از ابتدا، TPM نیاز به رهبری اثربخش و مشارکت همه کارکنان از افراد فنی تا مدیران ارشد دارد؛ چنین مشارکتی بخشی از معنای "فراگیر" در نگهداشت بهره ور فراگیر است. TPM باعث می شود که افراد ملزم به انجام کارهای خاص (یا تخصصی) و بهبود عملکرد تجهیزات شوند. بدون پشتیبانی مدیریت، TPM به یک برنامه ماهانه تبدیل شده، در نهایت نابود می شود. بسیاری از رهبران کسب و کارهای امروز زمانی رشد کرده اند که واحد تعمیر و نگهداری فقط مسئول تعمیر تجهیزات بود و مسئولیتی برای پیشگیری از شکست ها نداشت. نگاه به نگهداشت به عنوان یک کارکرد پشتیبان بدون ارزش افزوده اغلب منجر به اقدامات شدیدی برای کاهش هزینه می شود. در عوض، این اقدام باعث افزایش هزینه ها به دلیل کاهش کارایی تجهیزات می شود.

اهداف و مزایای TPM

اهداف TPM عبارتند از:

۱. رسیدن به عیوب صفر، خرابی های صفر و حوادث صفر در همه حوزه های عملیاتی سازمان.
۲. جلب مشارکت افراد در همه سطوح سازمان.

این اهداف با جلب مشارکت همه کارکنان در فعالیتهای گروهی کوچکی که هم علل شکست ها و هم فرصتهای بهبود تجهیزات و کارخانه را تشخیص می دهند و همچنین با اتخاذ رویکرد چرخه عمر برای بهبود عملکرد کلی تجهیزات تولید، به دست می آیند.

مزایای TPM

۱. افزایش بهره وری
۲. کاهش هزینه تولید/ساخت
۳. کاهش شکایت های مشتریان
۴. برآورده کردن ۱۰۰٪ نیازهای مشتریان، از طریق:
 - تحویل مقدار درست
 - در زمان مناسب
 - با بهترین کیفیت مورد نیاز
۵. کاهش حوادث ایمنی و نگرانی های محیط زیستی.

علاوه بر این، TPM فضا و فرهنگ کاری مثبتی را ایجاد می کند تا:

- سطح اعتماد بین کارکنان را بالا ببرد
- محیط کار را تمیز، مرتب و جذاب نگه دارد
- در اپراتورها و کارکنان نگهداشت نگرش همدلانه/مثبت ایجاد کند
- یک مفهوم جدید را در همه حوزه های سازمان گسترش دهد
- دانش و تجربه را به اشتراک بگذارد

کارکنان توانمند و دارای اختیار شده، احساس مالکیت واقعی، روی دارایی هایی که در حال استفاده از آنها هستند، پیدا می کنند.

ستون های TPM

TPM از هشت ستون تشکیل شده است که بر همه حوزه های سازمان تأثیر می گذارند. این ستون ها عبارتند از:

ستون شماره ۱: نگهداشت خودگردان (جیشو هوزن)

این ستون با هدف آموزش اپراتورها برای انجام فعالیت های کوچک نگهداشت طراحی شده است. این توانایی اپراتورها در عوض، زمان نیروهای ماهر نگهداشت را آزاد کرده، به آنها امکان می دهد، به جای کارهای ساده و تعمیر خرابی ها، به فعالیت های با ارزش افزوده بالاتر و تعمیرات فنی بپردازند. در این مفهوم، اپراتورها مسؤول آماده نگاه داشتن تجهیزات شان هستند تا از خرابی های ناشی از فرسایش پیشگیری کنند.

پیاده سازی نگهداشت خودگردان نه تنها نیازمند تغییر فرهنگ سازمانی است، بلکه نیازمند سرمایه گذاری سنگین در آموزش هم هست. اپراتورهایی که همیشه می گفتند "این کار مربوط به من نیست – با نگهداشت تماس بگیرد"، حالا باید احساس مالکیت کنند. آنها همچنین باید مهارت های لازم برای انجام مسؤولیت جدید خود را هم به دست آورند. اپراتورها تجهیزات را تمیز کاری و روانکاری کرده، آنها را ایمن نگه می دارند. همچنین تعمیرات و تنظیمات کوچک هم بخشی از مسؤولیت اپراتور خواهد بود. اپراتورها باید برای بازرسی، اندازه گیری، عیب یابی پیوسته و رفع مشکلات آموزش ببینند.

برای انجام این مسؤولیت ها، اپراتورها باید بیشتر درباره تجهیزات خود بیاموزند و مجهزتر شوند تا بتوانند مشکلات را زود تشخیص دهند. بنابراین، آنها اقدامات اصلاحی را در زمان مناسب انجام داده، عضو کلیدی تیم برای بهبود اثربخشی تجهیزات می شوند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مدیریت باید فضای کاری را ترویج کند که به تغییرات مثبت اهمیت بدهد. این تغییر از طریق مشارکت بیشتر مدیران در برنامه و فراهم کردن محیط کار مناسب اتفاق می افتد. ایجاد تغییر مثبت به پشتیبانی مالی از برنامه TPM و پیاده سازی ایده های آن هم نیاز دارد. اهداف نگهداشت خودگردان عبارتند از:

- عملکرد بدون وقفه تجهیزات
- مسؤولیت عملیات و نگهداشت تجهیزات بر عهده اپراتورها
- حذف منابع عیوب و شکست های بالقوه در سریع ترین زمان ممکن
- مشارکت همه کارکنان در حل مشکلات از طریق مشارکت فعال

5S، که به عنوان سازماندهی محیط کار هم شناخته می شود، یک شیوه مهم است. برخی نویسندگان آن را به عنوان بخشی از ستون نگهداشت خودگردان معرفی می کنند. در حالی که برخی دیگر آن را به عنوان یک ستون جداگانه می شناسند. با این حال، 5S یک عنصر کلیدی قابلیت اطمینان اپراتوری بوده، یک پایه TPM است. جزئیات بیشتر در مورد 5S در ادامه همین فصل بحث خواهد شد. اثربخشی کلی تجهیز (OEE) یک معیار اندازه گیری کلیدی برای تعیین این است که تجهیز، با توجه به اتلاف ها، چقدر خوب کار می کند. OEE اثربخشی تجهیز را براساس دسترسی، عملکرد و کیفیت محصول اندازه گیری می کند. جزئیات OEE در بخش ۷.۶ بحث خواهد شد.

ستون شماره ۲: بهبود متمرکز – کایزن (کوتسو)

این ستون با هدف کاهش اتلافات در محل کار برای بهبود کارایی عملیاتی طراحی شده است. کای^{۲۳} به معنی تغییر و زن^{۲۴} به معنی خوب است. کایزن به مجموعه ای از بهبودهای کوچک گفته می شود که انجام مداوم آنها نتایج شگرفی را به همراه دارد؛ این رکن TPM، همه کارکنان تیم را در بر می گیرد. اهداف بهبود کایزن عبارتند از:

- اتلافات صفر – شناسایی و حذف اتلاف ها
- حذف شرایط ناایمن
- بهبود اثربخشی همه تجهیزات
- کاهش هزینه های عملیات و نگهداشت

شش اتلاف اصلی که می توانند، برای بهبود اثربخشی، در مرکز توجه تیم های کایزن قرار داشته باشند، عبارتند از:

²³ Kai

²⁴ Zen

۱. اتلاف های ناشی از خرابی تجهیزات [نت غیرمؤثر]
۲. اتلاف های ناشی از راه اندازی و تنظیمات
۳. اتلاف های ناشی از بیکاری و توقف های کوتاه مدت تجهیزات
۴. اتلاف های ناشی از [کاهش] سرعت [یا کاهش بار]
۵. اتلاف های ناشی از محصول بی کیفیت و دوباره کاری
۶. اتلاف های ناشی از طراحی تجهیزات

اتلاف های ناشی از خرابی تجهیزات: این اتلاف ها مربوط به تجهیزات بوده، در اثر شکست ها، خرابی ها و تعمیرات ایجاد می شوند. هزینه این اتلاف ها می تواند شامل زمان از کار افتادگی و از دست رفتن فرصت تولید، نیروی انسانی و هزینه مواد باشد.

اتلاف های ناشی از راه اندازی و تنظیمات: این اتلاف ها ناشی از راه اندازی و تنظیمات تجهیزات بوده، در هنگام تغییر محصول، تغییر شیفت یا تغییرات دیگر در شرایط عملیاتی رخ می دهند.

اتلاف های ناشی از بیکاری و توقف های کوتاه مدت تجهیزات: این اتلاف ها ناشی از توقف های تولید کوتاه ولی مکرر، به مدت صفر تا چند دقیقه (کمتر از ۵-۶ دقیقه) هستند. ثبت کردن این اتلاف ها معمولاً سخت است. به همین دلیل، این اتلاف ها معمولاً از گزارش های تولید پنهان می شوند. این اتلاف ها بخشی از قابلیت های دستگاه ها هستند، ولی فرصت های قابل توجهی برای بهبود کارایی تولید فراهم می کنند.

اتلاف های ناشی از [کاهش] سرعت: گاهی اوقات لارم است سرعت تجهیزات را کاهش دهیم تا از عیوب کیفی یا توقف های کوتاه مدت پیشگیری کنیم. این کار منجر به از دست دادن تولید می شود. در اغلب موارد، این اتلاف ثبت نمی شود، زیرا تجهیز همچنان در حال کار است.

اتلاف های ناشی از عیوب کیفی: این اتلاف ها در اثر تولید نامرغوب^{۲۵} و عیوب، حاصل از نقص فنی یا عملکرد ضعیف تجهیزات، بوجود آمده، باعث می شوند خروجی تولید نیاز به دوباره کاری داشته یا به عنوان ضایعات دور ریخته شود.

اتلاف های ناشی از طراحی تجهیزات: این اتلاف ها عموماً در اثر فرسایش و گسیختگی شدید تجهیز، بدلیل "طراحی ضعیف" آن، بوجود می آیند و باعث کاهش طول عمر بادوام و بهره ور تجهیز می شوند. اینگونه طراحی ها باعث می شوند که نیاز به اصلاح و تغییر مکرر تجهیزات و دارایی های سرمایه ای وجود داشته باشد.

با استفاده از تحلیل دقیق و جامع، می توان اتلاف های ناشی از طراحی تجهیزات را به صورت نظام مند، با استفاده از ابزارهایی مانند تحلیل پارتو، تحلیل ۵ چرا و تحلیل حالات و اثرات شکست (FMEA)^{۲۶}،

²⁵ out-of-spec

²⁶ Failure Modes and Effects Analysis

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

کاهش داد یا حذف کرد. استفاده از چنین ابزارهایی محدود به حوزه تولید نیست و می تواند در حوزه های اداری و خدماتی نیز، برای حذف اتلاف ها و ضایعات، به کار گرفته شود. این ابزارهای بهبود در فصل ۱۱ به طور جامع بحث می شوند.

ستون شماره ۳: نگهداشت برنامه ریزی شده

نگهداشت برنامه ریزی شده و بهبود توسط واحد نگهداشت انجام می شود. وظایف های نگهداشت برنامه ریزی شده عمدتاً خارج از محدوده کاری نگهداشت خودگردان هستند. آنها به مهارت های خاص، باز کردن و نصب قطعات، تکنیک ها و ابزار اندازه گیری خاص و ... نیاز دارند. با بهبود مهارت های اپراتورهای تجهیزات، گروه نگهداشت فعالیت های نگهداشت برنامه ریزی شده کمتر و کمتری را انجام می دهند و به جای آن تلاش خود را روی بهبودهایی برای کاهش نیاز به نگهداشت تجهیزات متمرکز می کنند و در نتیجه کار کلی نگهداشت کاهش می یابد.

ستون شماره چهار: نگهداشت کیفیت

این ستون روی حذف نظام مند مشکلات مرتبط با کیفیت محصول در اثر عدم انطباق ها تمرکز دارد. با افزایش درک اپراتورها از اینکه چگونه اجزای گوناگون تجهیزات روی کیفیت محصول تأثیر می گذارند، آنها شروع به حذف مسایل کیفی فعلی کرده، سپس برای مقابله با مسایل کیفی بالقوه آماده می شوند. در این نقطه، اپراتورها شروع به تحول از رویکرد واکنشی به رویکرد پیش کنشی می کنند، به عبارتی از کنترل کیفیت به تضمین کیفیت. هدف این ستون ارائه محصولات با بالاترین کیفیت به مشتریان و همزمان حفظ تولید بدون عیب است.

ستون شماره ۵: آموزش و توسعه

در این ستون، نیازهای آموزشی فنی را ارزیابی کرده، وضعیت فعلی مهارت ها را مشخص کرده، براساس تحلیل شکاف^{۲۷}، یک برنامه آموزشی تدوین می کنیم. هدف از این ستون، داشتن نیروی کار چندمهارته و ایجاد تیمی از متخصصان برای پشتیبانی از همه جنبه های TPM است. هدف از آموزش، ارتقای مجموعه مهارت های اپراتورها است. فقط داشتن مهارت های "قوت و فن"^{۲۸} کافی نیست. آنها باید "دانش چرایی"^{۲۹} هم داشته باشند. آموزش مناسب می تواند مهارت های آنها را بهبود داده، به اجرای تحلیل علل ریشه ای و دیگر وظایف مورد نیاز برای بهبود اثربخشی تجهیزات و کاهش هزینه ها کمک کند.

²⁷ gap analysis

²⁸ know-how

²⁹ know-why

ستون شماره ۶: طراحی و مدیریت زود هنگام تجهیزات

در این ستون، درس های آموخته شده از موفقیت ها و شکست های فعالیت های TPM در طراحی تجهیزات و محصولات جدید استفاده می شوند. هدف این است که با رسیدگی به ناکارآمدی ها و مسایل ایمنی در طول فرآیندهای طراحی، ساخت و راه اندازی، تجهیزات تقریباً کامل و محصولات با کیفیت بهتری تولید شوند.

پیشگیری از نگهداشت (MP)، که طراحی و مدیریت زود هنگام تجهیزات است، شامل شناسایی نقاط ضعف در تجهیزات استفاده شده در حال حاضر و بازگرداندن این اطلاعات به مهندسان طراح تجهیزات است. MP مشابه طراحی برای قابلیت ساخت است. طراحی MP موارد زیر را در نظر می گیرد:

۱- سهولت نگهداشت خودگردان (نگهداشت اپراتوری)

۲- سهولت بهره برداری

۳- نگهداشت آسان - بهبود قابلیت نگهداشت

۴- بهبود کیفیت

۵- ایمنی

مدیریت زود هنگام تجهیزات، سیستمی است برای برخورد با مشکلاتی است که در طول راه اندازی و شروع به کار تجهیزات جدید پدیدار می شود. در این دوره، کارکنان مهندسی از تولید تا نگهداشت / قابلیت اطمینان باید مشکلاتی که به دلیل انتخاب نادرست مواد در مرحله طراحی و خطاهایی که در فرآیند ساخت و نصب تجهیزات اتفاق می افتند، را اصلاح کنند.

ستون شماره ۷: بهبود دفتر کار

در این ستون، هدف حذف اتلاف های ناشی کارایی در بخش های دفتر و خدماتی و پیاده سازی ابزارهایی مانند 5S برای ایجاد یک محیط دفتری سازماندهی شده و کارآمد است. این کار می تواند در دفاتر پشتیبانی، برنامه ریزی، منابع انسانی، حسابداری و سایر بخش های پشتیبان اداری کارخانه انجام شود.

ستون شماره ۸: ایمنی، بهداشت و محیط زیست

در این ستون، تمرکز بر حذف صد درصد حوادث و همچنین نگرانی های مربوط به سلامتی کارکنان و محیط زیست است. هدف، ایجاد یک محیط کاری و محیط اطراف ایمن برای رسیدن به مقاصد زیراست:

- حوادث صفر
- نگرانی های سلامتی صفر (صدمه)
- حوادث زیست محیطی صفر

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی
بسیاری از افراد این ستون را پایه همه ستون ها می دانند.

پیاده سازی TPM

بسیاری از سازمان های موفق معمولاً یک طرح پیاده سازی دارند که شامل ۱۰ گام زیر است:

مرحله ۱: اعلام TPM.

مدیریت ارشد باید محیطی را ایجاد کند که پشتیبان اجرای TPM باشد. بدون پشتیبانی مدیریت، تردیدها و مقاومت ها [ی احتمالی] این تلاش را خنثی خواهند کرد.

مرحله ۲: آغاز یک برنامه آموزش رسمی.

این برنامه همه را در سازمان آموزش داده، به آنها در مورد درباره فعالیت های TPM، مزایا و اهمیت مشارکت همه افراد، آگاهی بخشی می کند.

مرحله ۳: ایجاد یک ساختار پشتیبانی سازمانی.

این گروه، فعالیت های تیمی TPM را ترویج، هماهنگ و حفظ خواهد کرد. این گروه باید شامل اعضای از همه سطوح سازمان – از مدیریت تا کف کارگاه – باشد. این ساختار، ارتباطات را ترویج خواهد کرد و تضمین می کند که همه به سمت اهداف مشترک کار کنند.

مرحله ۴: تعیین سیاست های اصلی TPM و اهداف قابل سنجش.

شرایط فعلی را تجزیه و تحلیل کرده، سپس سیاست های TPM را پایه ریزی کنید و اهدافی قابل دستیابی و واقع گرایانه تعیین کنید.

مرحله ۵: برنامه اجرایی اصلی TPM را طرح ریزی کنید.

این برنامه منابع مورد نیاز برای آموزش، بازسازی و بهبود تجهیزات، سیستم های مدیریت نگهداشت و فناوری های جدید، را شناسایی و زمان مورد نیاز برای آنها را تعیین می کند.

مرحله ۶: شروع TPM.

پیاده سازی TPM در این مرحله آغاز خواهد شد.

مرحله ۷: بهبود اثربخشی هر تجهیز.

تیم های کایزن عملیات و نگهداشت، هر تجهیز را تحلیل کرده، بهبودهای لازم را به صورت پیوسته پیاده سازی می کنند.

- **مرحله ۷ الف: برنامه نگهداشت خودگردان برای اپراتورها را توسعه دهید.**
اپراتورها باید به طور معمول، وظایف تمیزکاری، بازرسی و انجام کارهای نگهداشت کوچک را، که به بهبود و تثبیت شرایط تجهیز کمک می کند، انجام دهند.
- **مرحله ۷ ب: برنامه نگهداشت پیشگیرانه یا برنامه ریزی شده را توسعه دهید.**
برای هر تجهیز، برنامه زمان بندی نگهداشت پیشگیرانه ایجاد کنید.
- **مرحله ۷ پ: اتلاف ها / ضایعات را شناسایی کرده، برنامه کاهش آنها را اجرا کنید.**
تیم های کایزن را برای حذف یا کاهش ضایعات ایجاد کنید.

مرحله ۸: آموزش برای بهبود مهارت های عملیات و نگهداشت.

واحد نگهداشت نقش مربی یا راهنما را برعهده خواهد گرفت و آموزش، مشاوره و اطلاعات تجهیزات را به اپراتورها (تیم های کایزن) ارائه خواهد داد.

مرحله ۹: توسعه برنامه مدیریت زود هنگام تجهیزات.

درس هایی که در عملیات و نگهداشت کسب می شوند، باید به فرآیند طراحی و توسعه تجهیزات جدید مرتبط شوند. قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت باید بخشی از طراحی جدید باشد.

مرحله ۱۰: بهبود مستمر.

همانند هر ایده ناب دیگری، سازمان باید ذهنیت بهبود مستمر را توسعه دهد.

۵.۷ سازماندهی محیط کار: 5S

پنج اس (5S) تکنیکی برای کاهش ضایعات و بهینه کردن بهره وری است، که با ایجاد و حفظ یک محیط کار منظم و استفاده از نشانه های بصری، باعث دستیابی به نتایج عملیاتی پایدارتر می شود. 5S یک محیط کاری تمیزتر و سازماندهی شده تر را ترویج می کند.

این تکنیک، یک برنامه ساختارمند است که برای دستیابی به تمیزی و استانداردسازی محیط کار در سطح کل سازمان، طراحی شده است. یک محیط کاری به خوبی سازماندهی شده باعث عملیات ایمن تر، با کارایی بیشتر و بهره وری بیشتر خواهد شد. این امر باعث افزایش روحیه کارکنان، ترویج احساس افتخار به کار و مالکیت مسئولانه تجهیزاتشان می شود.

5S در ژاپن اختراع شده، از پنج کلمه ژاپنی تشکیل شده که با حرف S شروع می شوند: Seiton, Seiri, Seiketsu, Seiso و Shitsuke. مجموعه ای معادل پنج کلمه با حرف S در زبان انگلیسی برای نام گذاری و حفظ معنای این واژگان ژاپنی انتخاب شده است. این واژه ها عبارتند از:

S1: تفکیک – Sort (Seiri)

S2: نظم و ترتیب – Set-in-Order (Seiton)

S3: پاکیزه سازی – Shine (Seiso)

S4: استانداردسازی – Standardize (Seiketsu)

S5: پایدارسازی – Sustain (Shitsuke)

S1: تفکیک – Sort (Seiri)

تفکیک مرحله نخست در ساختن یک محیط کاری منظم است. این مرحله به دورانداختن همه مواد غیرضروری و بی‌ربط در محیط کار و آزاد کردن فضای اضافی اشاره دارد. این مرحله باعث می‌شود کارکنان عملیات و نگهداشت آسان تر بتوانند وسایل مورد نیازشان را پیدا کنند. در این مرحله، فقط چیزهای لازم باید نگه داشته شود. مواد، ابزارآلات، تجهیزات و لوازمی که کمتر به کار می‌روند باید به یک منطقه نگهداری مشترک جداگانه منتقل شوند. اجناسی که استفاده نمی‌شوند باید دور انداخته شوند. وسایل را فقط به خاطر اینکه شاید بعداً استفاده شوند نگه ندارید.

با انجام فرآیند تفکیک، تجهیزات و ابزار خراب را حذف (یا تعمیر) خواهیم کرد. قالب‌ها، جیگ ها و فیکسچرهای قدیمی، لوازم و مواد اضافی، ضایعات و دیگر اشیایی که استفاده نمی‌شوند باید دور انداخته شوند.

افرادی که کار تفکیک را انجام می دهند، نباید احساس تأسفی درباره دورانداختن اشیاء داشته باشند. ایده این است که هر چیزی که محیط کار باقی می ماند، مربوط به کار باشد. حتی تعداد اقلام ضروری در محیط کار باید به حداقل ممکن برسد. به دلیل مفهوم تفکیک کردن، ساده‌سازی وظایف، استفاده مؤثر از فضا و خرید دقیق اقلام دنبال خواهد شد.

S2: نظم و ترتیب – Set-in-Order (Seiton)

مرحله دوم، نظم و ترتیب دادن (گاهی به عنوان مرتب کردن هم شناخته می‌شود) است که کاملاً درباره کارایی است. این مرحله نیاز به سازماندهی، چیدمان و شناسایی همه چیز در محیط کار دارد. هر چیزی یک مکان تعیین شده دارد تا بتوان به سرعت به آن دسترسی داشت و همچنین به سرعت آن را به همان مکان برگرداند. اگر همه به لوازم یا مواد خاص خودشان دسترسی سریع داشته باشند، جریان کار کارآمدتر شده، نیروی کار بهره ورتر خواهد شد. باید محل دقیق، موقعیت یا دارنده هر ابزار، کالا یا مصالح را، براساس شیوه انجام کار و کسانی که از آنها استفاده می‌کنند، به دقت انتخاب کرد. به هر قلم کالایی باید یک مکان مشخص برای نگهداری امن آن اختصاص داده شود. هر مکان باید برای شناسایی آسان برچسب خورده باشد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ابزارهای پرمصرف باید به راحتی در دسترس باشند. نواحی انبارش، کابینت‌ها و قفسه‌ها را به شکل مناسبی برچسب‌گذاری کنید. کف‌ها را تمیز و رنگ‌آمیزی کنید تا به راحتی زباله، ضایعات و قطعات و ابزارهای رها شده را مشاهده کنید. برای شناسایی مناطق کار، مسیرهای حرکت، نواحی انبارش، مناطق نگهداری محصول نهایی و غیره، مناطق را روی کف خط کشی کنید. روی تخته ابزار سایه بکشید تا به راحتی ببینید هر ابزار در کجا قرار دارد.

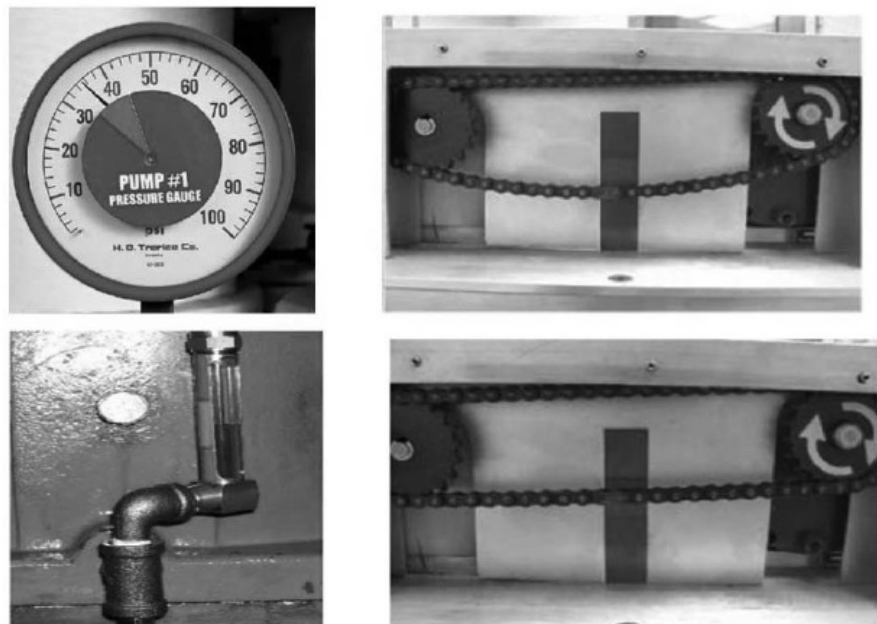
در محیط دفتر، کتابچه‌ها، کتاب‌ها و کاتالوگ‌های پرمصرف را در قفسه کتاب قرار دهید. قفسه‌ها و کتاب‌ها را برچسب‌گذاری کنید تا به راحتی شناسایی و به جای خود بازگردانده شوند. هدف از این مرحله داشتن مکانی برای هر چیزی و قرار دادن همه چیز در جای خود، با شناسایی و برچسب‌گذاری مناسب است.

بسیاری از متخصصان M&R این روش‌های استفاده از برچسب‌ها، نشانه‌گذاری با رنگ و غیره را محیط کار بصری³⁰ می‌نامند. این شیوه به اپراتورها و هر کسی که با دارایی یا فرآیند آشنایی ندارد کمک می‌کند تا به راحتی متوجه شوند چه اتفاقی می‌افتد، فرآیند را درک کنند و بدانند که چه کاری درست انجام می‌شود و چه چیزی در جای خود قرار ندارد. یک محیط کار بصری از نمایش‌های بصری برای ارسال اطلاعات به اپراتورها و سایر کارکنان و هدایت اقدامات آنها استفاده می‌کند.

شکل ۲.۷-الف پارامترهای عملیاتی ایمن برای سطوح روغن و فشار و همچنین زمانی که باید زنجیر یا تسمه را سفت کنید را نشان می‌دهد. شکل ۲.۷-ب یک جعبه ابزار سازماندهی شده را نشان می‌دهد و همچنین نمونه‌هایی از برچسب‌هایی که روی یک جعبه سوئیچ و در یک منطقه خطر نصب شده است را نشان می‌دهد. شکل ۲.۷-پ طرح رنگ استاندارد کد ASME را که برای لوله‌کشی پیشنهاد شده است، نشان می‌دهد. شکل ۲.۷-ت نمونه‌هایی از لوله‌ها و شیلنگ‌های کدگذاری شده با رنگ را نشان می‌دهد.

³⁰ visual workplace

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی



شکل ۲.۷-الف- سطوح ایمن روغن و فشار و سفت کردن زنجیر



شکل ۲.۷-ب- جعبه ابزار سازماندهی و برجسب گذاری شده

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ASME A13.1 - 2007 Standard for the Identification of Pipes					
Material Properties & Label Colors					
TOXIC & CORROSIVE Fluids which are corrosive, toxic or will produce corrosive or toxic substances.			Black on Orange		
COMBUSTIBLE Fluids that may burn but are not flammable.			White on Brown		
FLAMMABLE Fluids which are a vapor or produce vapors that can ignite and continue to burn in air.			Black on Yellow		
FIRE QUENCHING Water and other substances used in sprinkler fire fighting piping systems.			White on Red		
OTHER WATER Any other water except for water used in sprinkler & fire fighting piping systems.			White on Green		
COMPRESSED AIR Any vapor under pressure that does not fit a category above.			White on Blue		
DEFINED BY USER It is up to the company's discretion.			White on Black		
DEFINED BY USER It is up to the company's discretion.			Black on White		
DEFINED BY USER It is up to the company's discretion.			White on Purple		
DEFINED BY USER It is up to the company's discretion.			White on Gray		
Outside Pipe Diameter Including Covering		Minimum Length of Label Field Color		Minimum Height of Letters	
Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm
3/4 to 1 1/4	19 to 32	8	203	1/2	13
1 1/2 to 2	38 to 51	8	203	3/4	19
2 1/2 to 6	64 to 152	12	305	1 1/4	32
8 to 10	203 to 254	24	610	2 1/2	64
over 10	over 254	32	813	3 1/2	89

شکل ۲.۷- پ- کد رنگ استاندارد ASME



شکل ۲.۷- ت- نمونه هایی از لوله ها و شیلنگ های کدگذاری شده با رنگ

S3: پاکیزه سازی – Shine (Seiso)

پاکیزه سازی درباره تمیزی و نظافت است. اصل سیسو می گوید که همه مسؤول نظافت هستند. این مرحله شامل تمیز کردن و برق انداختن محیط کار است. تمیزکاری باید توسط همه افراد سازمان، از اپراتورها تا

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مدیران، انجام شود. بهتر است تمیز کردن هر ناحیه از محیط کار به یک نفر یا یک گروه از افراد واگذار شود. همه باید محل کار را از دید بازدیدکننده ببینند - همیشه مراقب این باشند که به قدر کافی تمیز باشد تا تأثیرگذاری خوبی داشته باشد.

هنگامی که در حال تمیزکاری هستیم، بازرسی تجهیزات، ماشین آلات، ابزارها و لوازمی که با آنها کار می کنیم، آسان است. تمیز کردن و بازرسی منظم کمک می کند تا به راحتی نشت روغن، ناهمراستایی تجهیزات، خرابی ها، ابزارهای گمشده و کمبود لوازم را شناسایی کنیم. مشکلات را، وقتی که هنوز کوچک هستند، می توانیم شناسایی و رفع کنیم. اگر این مشکلات کوچک رفع نشوند، ممکن است منجر به شکست تجهیزات، توقف برنامه ریزی نشده یا زمان انتظار طولانی و غیر بهره ور برای تحویل لوازم جدید شوند.

اگر تمیز کردن و بازرسی به طور مرتب و مکرر انجام شود، به طور کلی زمان زیادی نمی گیرد. در طولانی مدت، احتمالاً زمان زیادی را صرفه جویی خواهند کرد.

S4: استانداردسازی – Standardize (Seiketsu)

مرحله چهارم، ساده سازی و استانداردسازی است. سیکتسو به استانداردهایی برای همه فعالیتهای عملیاتی، از جمله نظافت، ترجمه می شود. این مرحله شامل تعریف استانداردهایی است که باید توسط کارکنان برای اندازه گیری و حفظ استانداردهای عملیاتی مانند برنامه های روانکاری، دستورالعمل های تعویض فیلتر یا معیارهای نظافت مورد استفاده قرار گیرد. مدیریت بصری یکی از مؤلفه های مهم سیکتسو است. از کد گذاری با رنگ و رنگ آمیزی محیط اطراف استفاده می شود تا امکان شناسایی بصری آسان تر ناهنجاری ها در فضای کار فراهم شود. کارکنان آموزش می بینند تا از حواس پنج گانه خود برای شناسایی ناهنجاری ها استفاده کنند و سپس این ناهنجاری ها را بلافاصله اصلاح کنند. یکی از سخت ترین گام ها، کنار گذاشتن عادت های کاری قدیمی است. ادامه دادن عادت هایی که سالهاست انجام می دهیم، آسان است. همه با آن عادت ها آشنایی دارند و [ادامه دادن آنها] حس خوبی دارد.

شیوه های خوبی که در گام های قبلی توسعه یافته اند باید استانداردسازی شوند تا انجام آنها آسان تر باشد. هر قدر که بیشتر یاد می گیریم، استانداردها را به روز می کنیم و آنها را برای ساده تر و راحت تر شدن فرآیندها بهبود می دهیم.

S5: پایدارسازی – Sustain (Shitsuke)

گام نهایی، حفظ دستاوردها از طریق یادگیری مستمر، آموزش و حفظ استانداردها است. در واقع، شیتسو که به معنای انضباط است. این گام، تعهد به حفظ نظم و تمرین کردن چهار گام پیشین را به عنوان یک

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

روش زندگی ترویج می‌دهد. تأکید شیتسوک که بر حذف عادت‌های بد و تمرین مستمر عادت‌های خوب است.

به آموزش کارکنان برای حفظ استانداردها ادامه دهید. در صورت وجود تغییراتی مانند تجهیزات جدید، محصولات جدید و قوانین کار جدید که برنامه 5S را تحت تأثیر قرار می‌دهد، باید تنظیماتی در برنامه نظام آراستگی برای برآورده شدن این تغییرات، اصلاح و تغییر استانداردها و همچنین آموزش‌هایی برای پوشش دادن این تغییرات، انجام شود.

اگر سازمان شما قصد دارد که تولید ناب^{۳۱} را پیاده سازی کند، 5S یکی از نخستین فعالیت‌هایی است که باید برای پیاده‌سازی تولید ناب انجام شود.

برخی سازمان‌ها یک S ششم را هم برای تأکید بر ایمنی^{۳۲} در برنامه خود اضافه کرده‌اند و آن را 5S Plus یا 6S نامیده‌اند.

۶.۷ اثربخشی کلی تجهیز (OEE)

اثربخشی کلی تجهیز (OEE) یک معیار کلیدی است که در برنامه TPM و تولید ناب برای اندازه‌گیری اثربخشی TPM و سایر ابتکارات استفاده می‌شود. این شاخص یک چارچوب کلی برای اندازه‌گیری کارایی تولید فراهم می‌کند. OEE معیار سنتی و پرکاربردترین معیار برای اندازه‌گیری بهره‌وری تجهیزات و دارایی‌ها براساس دسترسی واقعی، کارایی عملکرد و کیفیت محصول است. با این حال، بهره‌وری واقعی تجهیز با شاخص عملکرد مؤثر کلی تجهیزات (TEEP) اندازه‌گیری می‌شود، که بر مبنای عملیات در ۲۴ ساعت روز و ۳۶۵ روز سال است. TEEP همچنین میزان استفاده از تجهیزات^{۳۳} را هم در نظر می‌گیرد. OEE و TEEP بکارگیری کلی دارایی‌ها و تجهیزات را برای فرآیندهای تولید اندازه‌گیری می‌کنند و به طور مستقیم شکاف بین عملکرد واقعی و عملکرد ایده‌آل را نشان می‌دهند. OEE به صورت عددی نشان می‌دهد که یک واحد تولیدی، نسبت به ظرفیت طراحی شده خود طی دوره‌هایی که برای عملیات برنامه‌ریزی شده است، چقدر خوب کار می‌کند. TEEP نشان می‌دهد که چقدر یک سازمان، با استفاده اثربخش از دارایی‌های خود بر مبنای دسترسی ۲۴ ساعت در روز و ۳۶۵ روز در سال، ارزش ایجاد می‌کند.

OEE و TEEP به شکل زیر محاسبه می‌شوند:

$$OEE = \text{دسترس‌ی} \times \text{عملکرد} \times \text{کیفیت}$$

$$TEEP = \text{استفاده}^{۳۴} \times \text{دسترس‌ی} \times \text{عملکرد} \times \text{کیفیت}$$

$$TEEP = OEE \times \text{استفاده}$$

³¹ lean manufacturing

³² safety

³³ asset utilization

³⁴ utilization

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

OEE عملکرد یک دارایی را به سه عنصر قابل اندازه گیری، یعنی دسترسی، عملکرد و کیفیت تقسیم می کند. هر عنصر به جنبه ای از فرآیند اشاره می کند که می توان بهبود آن را هدف قرار داد. OEE می تواند برای هر دارایی یا فرآیندی استفاده شود. احتمالاً هیچ فرآیند تولیدی نمی تواند با OEE برابر ۱۰۰٪ کار کند. بسیاری از تولیدکنندگان برای تعیین هدف چالش برانگیزی برای خود، از بهینه کاوی صنعت خود می کنند؛ هدف ۸۵٪ غیرمعمول نیست.

شکل ۳.۷ مفهوم OEE و TEEP و شیوه تأثیر اتلاف های گوناگون تولید بر بهره وری را نشان می دهد.

Total Asset / System Time (365 days x 24 hours / day)			
A	Asset / System Scheduled Hours - Gross Hours		Idle Time - Losses
B	Uptime - Net Production hours (Availability)		Downtime - Losses
C	Actual Production - (Performance)	Speed - Losses	Planned and unscheduled hours including set-up
D	Saleable Production - First pass (Quality)	Quality - Losses	slow speed and jams
E			rework and scrap

Utilization = B / A
Availability = C / B
Performance = D / C
Quality = E / D

OEE = E / B
TEEP = OEE x Utilization
= E / A

شکل ۳.۷ - OEE و TEEP

محاسبه OEE

OEE = دسترسی x عملکرد x کیفیت

مثال ۱.۷

یک دارایی مشخص، یک دستگاه ماشین کاری، مشخصات زیر را تجربه می کند:

در دسترس بودن دارایی = ۸۸٪

عملکرد دارایی = ۹۳٪

کیفیت تولید = ۹۵٪

$$OEE = 88\% (\text{Availability}) \times 93\% (\text{Performance}) \times 95\% (\text{Quality}) = 77.7\%$$

محاسبه TEEP

TEEP = استفاده x دسترسی x عملکرد x کیفیت

مثال ۲.۷

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

هرچند که OEE اثربخشی را براساس ساعات زمان بندی شده اندازه گیری می کند، TEEP اثربخشی را بر مبنای ۲۴ ساعت در روز و ۳۶۵ روز در سال اندازه گیری می کند. در مثال بالا، همان دارایی - دستگاه ماشین کاری - را در نظر بگیرید که ۲۰ ساعت در روز و ۳۰۰ روز در سال کار می کند.

$$OEE \text{ دستگاه ماشین کاری (محاسبه شده در بالا)} = 77.7\%$$

$$\text{استفاده از مرکز ماشین کاری} = (20 \text{ ساعت} \times 300 \text{ روز}) / (24 \text{ ساعت} \times 365 \text{ روز}) = 68.5\%$$

$$TEEP = 68.5\% (\text{Utilization}) \times 77.7\% (OEE) = 53.2\%$$

مثال ۳.۷

یک ماشین شش مرحله ای مونتاژ چکش (پتک)، داده های عملیاتی زیر را دارد که از CMMS و گزارش واحد عملیات گرفته شده است.

زمان چرخه دستگاه (طراحی): ۱ واحد / دقیقه

زمان برنامه ریزی شده:

$$2 \text{ شیفت در روز} \times 10 \text{ ساعت برای هر شیفت} \times 250 \text{ روز در سال} = 5000 \text{ ساعت در سال}$$

توجه کنید که سال جاری ۵ روز تولید کنسل شد، ۴ روز به دلیل کمبود دسته های چوبی (مواد خام) و ۱ روز به دلیل نبود برق ناشی از یک طوفان زمستانی.

زمان از کار افتادگی برنامه ریزی شده:

۵ نگهداشت پیشگیرانه، هر کدام در ۱۰۰۰ ساعت عملیاتی، هر کدام نیاز به ۲ نفر با ۸ ساعت کار در هر توقف (۱۶ ساعت کاری برای هر PM)

۱ نگهداشت پیشگیرانه در ۵۰۰۰ ساعت عملیاتی، نیاز به ۴ نفر با ۱۰ ساعت کار در هر توقف (۴۰ ساعت کاری برای هر PM)

۵۰ بررسی هفتگی توسط اپراتورها، هر کدام ۳۰ دقیقه

۱۰ تعمیرات برنامه ریزی شده، نیاز به ۵۵ ساعت توقف کلی

۵۰ تنظیم مدل، هر کدام ۲ ساعت

از کار افتادگی برنامه ریزی نشده:

۸ شکست، باعث ۵۰ ساعت توقف شده است (۱۳۲ نفر - ساعت تعمیر خرابی)

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۲۲ تنظیم و تعویض ابزار، باعث ۲۰ ساعت توقف شده است

اتلاف های عملکرد:

توقف های کوچک / گیر کردن (هر کدام کمتر از ۵ دقیقه) ۷۵۰ بار در سال – میانگین هر کدام ۳/۲ دقیقه

در زمستان (حدود ۱۲۰ روز در سال)، سیستم در صبح ها به مدت ۳۰ دقیقه کندتر عمل می کند. این باعث افزایش زمان چرخه دستگاه از ۱ واحد در دقیقه به ۱ واحد در ۱/۵ دقیقه در این دوره می شود.

اتلاف های کیفیت:

بطور میانگین، واحد مونتاژ در هر ساعت ۵۷ قطعه با کیفیت خوب، ۲ قطعه نیازمند تعمیرات و ۱ قطعه از رده خارج تولید می کند.

OEE و TEEP این سیستم مونتاژ را محاسبه کنید.

راه حل مثال ۳.۷:

استفاده از دارایی

در حالت ایده آل، کل زمان در دسترس برای تولید برابر است با
۳۶۵ روز $\times$ ۲۴ ساعت / روز = ۸۷۶۰ ساعت در سال

ساعت های بیکاری = ساعت هایی که دارایی به دلیل عدم تقاضا یا عوامل فراتر از کنترل دارایی / کارخانه کار نمی کند.

$$= (۴ \text{ ساعت} / \text{روز} \times ۲۵۰ \text{ روز}) + [۲۴ \text{ ساعت} \times (۲۵۰ - ۳۶۵) \text{ روز}] + (۲۴ \text{ ساعت} \times ۵ \text{ روز}) = ۱۰۰۰ + ۲۷۶۰ = ۳۸۸۰ \text{ ساعت}$$

زمان ناخالص^{۳۵} برنامه ریزی شده برای تولید

$$= \text{کل زمان در دسترس} - \text{زمان های بیکاری} = ۸۷۶۰ - ۳۸۸۰ = ۴۸۸۰ \text{ ساعت در سال}$$

نرخ استفاده از دارایی

³⁵ gross

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

$$= \text{زمان ناخالص برنامه ریزی شده برای تولید} / \text{کل زمان در دسترس} = ۴۸۸۰ / ۸۷۶۰ = ۵۵/۷\%$$

دسترسی به دارایی

$$\text{دسترسی به دارایی} (\%) = \text{زمان آماده به کاری} \times ۱۰۰ / (\text{زمان آماده به کاری} + \text{زمان از کار افتادگی})$$

$$\text{ساعت های آماده به کاری} = \text{زمان ناخالص برنامه ریزی شده برای تولید} - \text{ساعت های از کار افتادگی}$$

$$\text{ساعت های از کار افتادگی} = \text{ساعت های از کار افتادگی برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده}$$

$$\text{ساعت های از کار افتادگی برنامه ریزی شده} = (۵ \times ۸) + ۱۰ + (۵۰ \times ۰/۵) + ۵۵ + (۵۰ \times ۲) = ۲۳۰ \text{ ساعت}$$

$$\text{ساعت های از کار افتادگی برنامه ریزی نشده} = ۵۰ + ۲۰ = ۷۰ \text{ ساعت}$$

$$\text{کل ساعت های از کار افتادگی} = ۲۳۰ + ۷۰ = ۳۰۰ \text{ ساعت}$$

$$\text{زمان آماده به کاری} = ۴۸۸۰ - ۳۰۰ = ۴۵۸۰ \text{ ساعت}$$

$$\text{دسترسی به دارایی} (\%) = ۴۵۸۰ / (۳۰۰ + ۴۵۸۰) = ۹۳/۹\%$$

عملکرد دارایی

$$\text{عملکرد دارایی} - \text{بازدهی به} \%$$

$$= \text{نرخ واقعی تولید} / \text{نرخ طراحی (بهترین نرخ)} \times ۱۰۰$$

$$\text{نرخ تولید طراحی شده یا زمان چرخه} = ۱ \text{ دقیقه} / \text{واحد} (۶۰ \text{ واحد در ساعت})$$

اتلاف های عملکرد

$$\text{توقف های کوچک (ساعت / سال)} = ۷۵۰ \times ۳/۲ \text{ دقیقه} = ۴۰ \text{ ساعت}$$

$$\text{تلفات سرعت (ماشین کند کار می کند)} = ۱۲۰ \times ۰/۵ \times [(۱ - ۱/۵) / ۱/۵]$$

$$= ۲۰ \text{ ساعت در سال تلفات کلی عملکرد (ساعت / سال)} = \text{توقف های کوچک} + \text{اتلاف های سرعت} = ۴۰ + ۲۰ = ۶۰ \text{ ساعت}$$

بازدهی عملکرد %

$$= (\text{ساعت های آماده به کاری} - \text{تلفات عملکرد}) / \text{ساعت های آماده به کاری}$$

$$= (۴۵۸۰ - ۶۰) / ۴۵۸۰ = ۹۸/۷ \text{ درصد}$$

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

تلفات کیفیت

بخش کیفیت در OEE نشان دهنده تعداد واحدهای خوب تولید شده به عنوان درصدی از کل واحدهای تولید شده است. عملکرد کیفیت، اندازه گیری خالص خروجی فرآیند است و اثرات دسترسی و عملکرد را مستثنا می کند.

به طور میانگین، ماشین مونتاژ چکش در هر ساعت ۵۷ واحد خوب را از ۶۰ واحد تولید می کند. سه واحد دیگر معمولاً بازسازی یا اسقاط می شوند.

$$\text{عملکرد کیفیت (\%)} = 57 / 60 = 95\%$$

$$\text{OEE برای ماشین مونتاژ چکش} = \text{دسترسی} \times \text{عملکرد} \times \text{کیفیت} = 93/9\% \times 98/7\% \times 95\% = 88\%$$

$$\text{TEEP برای ماشین مونتاژ چکش} = \text{استفاده از دارایی} \times \text{OEE}$$

$$49\% = 88 \times 55/7\%$$

۷.۷ معیارهای اندازه گیری عملکرد

چندین معیار اندازه گیری و شاخص عملکرد، برای نشان دادن کارایی عملیات استفاده می شوند. این معیارها و شاخص ها شامل موارد زیر است:

- زمان از کار افتادگی به عنوان درصدی از زمان برنامه ریزی شده (زمان کارکرد)
 - زمان از کار افتادگی ناشی از مسایل عملیاتی
 - زمان از کار افتادگی ناشی از نگهداشت
 - زمان از کار افتادگی ناشی از مسایل دیگر، مانند طراحی، حوادث طبیعی و غیره
 - کل زمان از کار افتادگی

• نتایج ممیزی 5S

- درصد دارایی های پوشش داده شده توسط اصول 5S Plus
- نظافت دارایی – منطقه
- شرایط دارایی – بازرسی بصری
- برچسب های رنگی لوله ها، شیلنگ ها، شیرآلات و غیره
- چک لیست ها – دستورالعمل های PM الصاق شده به دارایی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- ابزارهای مورد نیاز که به درستی قرار داده و برجسب گذاری شده اند
 - عملکرد دارایی – خروجی
 - خروجی به عنوان درصدی از ظرفیت طراحی
 - اپراتورها – درصدی از کارکنان عملیاتی که درگیر پروژه های بهبود دارایی ها هستند
 - پشتیبانی تحلیل RCM
 - بازبینی طراحی
 - فعالیت های کابزن
 - درصد اپراتورهای دارای صلاحیت / تصدیق شده برای بهره برداری از دارایی و درک نقش خود (یکی از نقش ها پشتیبانی از نگهداشت است)
 - درصد دارایی های آماده – به موقع تحویل داده شده به نگهداشت، نسبت به برنامه توافق شده
 - OEE – روند اثربخشی کلی تجهیز
 - $OEE = \text{دسترسی} \times \text{عملکرد} \times \text{کیفیت}$
 - TEEP – عملکرد مؤثر کلی تجهیزات
 - $TEEP = \text{استفاده} \times OEE$
- رصد دوره ای و منظم این معیارهای اندازه گیری عملکرد، یک راهکار برتر برای ارزیابی بهبودهای انجام شده یا تعیین اهداف بهبود است.

۸.۷ خلاصه

تجهیزات قابل اطمینانی که با کمترین هزینه ممکن کار می کنند، عامل اساسی در سودآوری سازمان هستند. دارایی ها و کارخانه ها اغلب جزو بزرگ ترین سرمایه گذاری ها هستند؛ بنابراین منطقی است که قابلیت اطمینان دارایی برای سازمان همانند محیط زیست، سلامتی، کیفیت و ایمنی مهم باشد. ولی بهبود قابلیت اطمینان دارایی در گذشته توجه و تأکید لازم را دریافت نکرده است. استراتژی های قابلیت اطمینان اپراتوری (ODR) و نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM) مشارکت همه کارکنان، به خصوص اپراتورها را تشویق می کنند. این استراتژی ها چارچوبی برای سیاست ها، رویه ها و ساختار فراهم می کنند تا دارایی ها با کمترین هزینه ممکن در دسترس و در حال بهره برداری باشند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

استراتژی TPM، از طریق بهره ور تر کردن تجهیزات، روی فعال نگه داشتن بهینه آنها تمرکز دارد و هدف آن کاهش خرابی های تجهیزات و اتلاف های مرتبط با آن است. نگهداشت خودگردان (اپراتوری)، یکی از ستون های اصلی TPM بوده، با جلب مشارکت اپراتورها در نگهداشت تجهیزاتی که از آنها استفاده می کنند، به دنبال حذف اتلاف های اصلی است که ممکن است ناشی از تجهیزات معیوب یا بهره برداری نادرست باشند. در مفهوم TPM، اپراتورهای تجهیزات صاحب دارایی خود می شوند. با همکاری نزدیک با نگهداشت، آنها از تمام جزییاتی که بهترین شرایط را برای حفظ دارایی ها فراهم می کنند، مراقبت می کنند.

TPM دارای هشت ستون فعالیت است که هدف نهایی آن خرابی صفر و حوادث صفر است. این ستون ها عبارتند از:

۱. نگهداشت خودگردان
۲. بهبود متمرکز – کایزن
۳. نگهداشت برنامه ریزی شده
۴. نگهداشت کیفیت
۵. آموزش و توسعه
۶. طراحی و مدیریت زود هنگام تجهیزات
۷. بهبود دفتر کار
۸. ایمنی، سلامت و محیط زیست

در نگهداشت خودگردان، که یک ستون کلیدی است، اپراتورها تجهیزات را تمیز و روانکاری کرده، برنامه نگهداشت پیشنهادی را اجرا می کنند. آنها اختیار اصلاح برنامه را مطابق با نیازهای واقعی و مشاهدات شخصی خودشان دارند. اپراتورها به مشخصات فنی سازنده دسترسی داشته، از پشتیبانی تکنیسین های نگهداشت برخوردار خواهند بود.

اپراتورها همچنین مسؤولیت تنظیمات کوچک، کنترل قطعات شل شده و تعمیر آنها را به عهده دارند. همچنین در هنگام استفاده از تجهیزات، جزئیات کوچکی مانند صداها، لرزش ها یا تغییرات دما را گزارش می دهند.

یکی از عوامل مهم در موفقیت برنامه TPM، احساس افتخاری است که اپراتورها بدلیل شرایط بهینه تجهیزات شان تجربه می کنند. بخش اعظم این بهبود اثربخشی ناشی از انگیزه مناسبی است که از طریق آموزش کافی به کارکنان داده می شود.

TPM یک استراتژی بهبود تجهیزات در سطح سازمان است، نه یک استراتژی بهبود نگهداشت. این استراتژی نیازمند تمرکز نظام مند روی از بین بردن اتلاف های مرتبط با تجهیزات است. این استراتژی، فقط برنامه ای برای تمیز کردن و رنگ آمیزی ظاهر تجهیزات نیست. TPM مشارکت همه کارکنان را

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

می طلبد و آن را تشویق می کند و فقط منحصر به مشارکت اپراتورها در انجام برخی بخش های برنامه نگهداشت نیست.

5S – یک سیستم محیط کار بصری – پنج عنصر دارد: تفکیک، نظم و ترتیب، پاکیزه سازی، استانداردسازی و پایدارسازی. این عناصر بنیادی ترین جنبه های ابتکارات بهبود مستمر بوده، اغلب از آنها چشم پوشی شده است. 5S یک برنامه ساختار یافته است. اگر به درستی پیاده سازی شود، می تواند در سراسر سازمان باعث تمیزی و استانداردسازی محیط کار شود. محیط کاری که خوب سازمان یافته باشد، منجر به تولید ایمن تر، اثربخش تر و بهره ورتر می شود. همچنین باعث تقویت روحیه کارکنان و ترویج احساس افتخار به کار و مسؤولیت هایشان می شود.

اثربخشی کلی تجهیز (OEE) یک معیار سنجش کلیدی است که عملکرد یک دارایی یا فرآیند تولید را، نسبت به ظرفیت طراحی شده خود، در طول دوره هایی که برای تولید برنامه ریزی شده است، اندازه گیری می کند. این معیار با ضرب کردن دسترسی دارایی، عملکرد و کیفیت محصولات تولیدی، محاسبه می شود. معیار دیگر مرتبط با TPM، عملکرد مؤثر کلی تجهیزات (TEEP) است. این معیار اندازه گیری می کند که سازمان چه مقدار از دارایی های خود، براساس دسترسی ۲۴ ساعت در روز و ۳۶۵ روز در سال ارزش خلق می کند.

مزایای TPM عبارتند از:

- محیط کار ایمن تر
- افزایش قدرت تصمیم گیری و بهبود روحیه کارکنان
- افزایش تولید/ خروجی
- عدم وجود عیب و نقص یا به حداقل رساندن آنها
- عدم وجود خرابی یا به حداقل رساندن آن
- حذف توقف های کوتاه مدت یا کاهش تعداد آنها
- کاهش ضایعات
- کاهش هزینه های عملیات و نگهداشت

نگهداشت بهره ور فراگیر روحیه همکاری تیمی را گسترش می دهد. این رویکرد دارای دیدگاهی بلندمدت است و ممکن است پیاده سازی آن سال ها طول بکشد. این رویکرد نه تنها در صنایع تولیدی، بلکه در صنعت خدمات، ساختمان سازی، نگهداشت ساختمان و سایر موقعیت های صنعتی هم کاربرد دارد.

۹.۷ پرسش های خودآزمایی

پ ۷.۱. "قابلیت اطمینان اپراتوری" را توضیح دهید. چرا مشارکت اپراتور در نگهداشت مهم است؟

- پ ۲.۷. TPM را تعریف کنید. عناصر – ستون های TPM چیست؟
- پ ۳.۷. چگونه TPM را پیاده سازی می کنیم؟
- پ ۴.۷. OEE را تعریف کنید. چگونه آن را اندازه گیری می کنیم؟
- پ ۵.۷. تفاوت بین OEE و TEPP چیست؟
- پ ۶.۷. 5S را توضیح دهید. چه مزایایی از پیاده سازی 5S به دست می آوریم؟
- پ ۷.۷. تفاوت بین 5S و 5S Plus یا 6S چیست؟
- پ ۸.۷. توضیح دهید که محل کار بصری به چه معناست؟
- پ ۹.۷. مودا، مورا و موری را توضیح دهید؟
- پ ۱۰.۷. مزایای استانداردسازی چیست؟

۱۰.۷ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Hansen, Robert C. Overall Equipment Effectiveness (OEE). Industrial Press, 2005.
2. Hartmann, Edward. Successfully Installing TPM. TPM Press, 1992. Maggard, Bill. TPM that Works. TPM Press, 1992.
3. Productivity Press Development Team, OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness. Productivity Press, 1999.
4. Williamson, Robert M. Visual Systems for Improving Equipment Effectiveness, Lean Equipment Management, and other articles.
5. Strategic Works System, www.swspitcrew.com 5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace. Productivity Press.

فصل ۸

بهینه سازی نگهداشت

"شیوه‌های نوآورانه در کنار توانمندسازی واقعی، نتایج شگفت‌انگیزی را به دنبال دارند."
کاپیتان مایکل آبراشف، افسر فرمانده سابق ناو یواس اس بنفولد، نویسنده کتاب: این کشتی شماست

۱.۸ مقدمه

۲.۸ واژگان و تعاریف کلیدی

۳.۸ درک شکست ها و استراتژی‌های نگهداشت

۴.۸ استراتژی نگهداشت – RCM

۵.۸ استراتژی نگهداشت – CBM

۶.۸ سایر استراتژی‌های نگهداشت

۷.۸ خلاصه

۸.۸ پرسش های خودآزمایی

۹.۸ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل، خواهید فهمید که:

- شکست چیست؟
- RCM چیست؟
- چه چیزی برای پیاده‌سازی اثربخش RCM لازم است؟
- چه فناوری‌های CBM ای در دسترس هستند؟
- استراتژی‌های گوناگون نگهداشت چیستند؟
- چگونه می‌توانید PM و CBM را در روش RCM یکپارچه کنید؟
- در چه مواقعی RTF یک استراتژی نگهداشت خوب است؟

۱.۸ مقدمه

نگهداشت به دلیل نقش حیاتی آن در زمینه‌های حفظ محیط زیست، بهره‌وری، کیفیت، قابلیت اطمینان سیستم، تطابق با مقررات، ایمنی و سودآوری، وارد قلب فعالیت‌های سازمان‌های مختلف شده است. با این

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

پارادایم جدید، چالش ها و فرصت های جدیدی برای حرفه ای های نگهداشت و عملیات پدیدار شده است. در مرکز نگهداشت، فرآیندی به نام نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)^۱ قرار دارد. RCM کمک می کند تا مشخص شود چگونه دارایی ها می توانند در شرایط عملیاتی خاص، به آنچه کاربران آنها نیاز دارند، ادامه دهند. تحلیل RCM یک چارچوب ساختار یافته برای تحلیل کارکردها و شکست های بالقوه دارایی هایی مانند هواپیماها، خطوط تولید، کمپرسورها یا توربین ها، سیستم های ارتباطی و غیره فراهم می کند. RCM در اواخر دهه ۱۹۶۰ در صنعت هواپیمایی تجاری، به منظور بهینه سازی فعالیت های نگهداشت و عملیات توسعه یافت. استراتژی RCM (یا آن طور که برخی آن را فرآیند می نامند) می تواند با انتخاب استراتژی های مناسب مانند PM، CBM یا RTF، در توسعه یک برنامه نگهداشت مؤثر کمک کند.

نگهداشت پیشگیرانه (PM) یک نگهداشت برنامه ریزی شده دارایی ها است که برای بهبود عمر دارایی و اجتناب از فعالیت های نگهداشت برنامه ریزی نشده طراحی شده است. PM شامل تمیزکاری، تنظیم و روانکاری، به همراه تعویض قطعات کوچک است، تا عمر دارایی ها و تأسیسات را افزایش دهد. نگهداشت مبتنی بر وضعیت (CBM)^۲ یکی دیگر از استراتژی های بهینه سازی نگهداشت است. CBM تلاش می کند با پایش وضعیت دوره ای یا پیوسته دارایی ها، وضعیت آنها را ارزیابی کند. هدف نهایی CBM انجام نگهداشت در زمان برنامه ریزی شده ای است که فعالیت نگهداشت در آن زمان بیشترین صرفه هزینه ای را دارد و پیش از اینکه دارایی عملکرد بهینه خود را از دست بدهد.

پیشرفت های اخیر در فناوری ها اجازه می دهد تا با نصب سنسورها روی دارایی ها، اطلاعاتی درباره سلامت آنها در اختیار ما قرار گیرد. با استفاده از ابزارهای بهتر برای تحلیل داده های وضعیت، کارکنان نگهداشت امروز قادر به تصمیم گیری بهتر درباره زمان مناسب برای انجام فعالیت نگهداشت روی دارایی ها هستند. به طور ایده آل، CBM به کارکنان نگهداشت امکان می دهد که کارهای درست را انجام دهند – کمینه کردن زمان از کار افتادگی دارایی، زمان صرف شده برای نگهداشت و هزینه قطعات یدکی. CBM از داده های بلادرنگ^۳ برای اولویت بندی و بهینه سازی منابع استفاده می کند.

کار کرد تا خرابی (RTF)^۴، اگرچه بسیاری آن را یک استراتژی برای بهینه سازی نگهداشت نمی دانند، ولی برای تجهیزات خاصی می تواند یک انتخاب قابل قبول و اقتصادی باشد. انتخاب RTF باید انتخابی سنجیده باشد، زیرا باعث از کار افتادگی برنامه ریزی نشده و افزایش هزینه نگهداشت اصلاحی تجهیزات خاصی می شود که این استراتژی نگهداشت برای آنها انتخاب شده است. با این حال، اگر ریسک برای تأسیسات و کارکنان کم باشد، RTF ممکن است بهترین استراتژی از نظر اثربخشی هزینه ای برای برنامه کلی نگهداشت سازمان باشد.

Reliability Centered Maintenance^۱

^۲ Condition-Based Maintenance

^۳ real-time

^۴ Run-to-Failure

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

کلید بهینه‌سازی برنامه نگهداشت تأسیسات شما، انتخاب بهترین گزینه برای هر تجهیز و همچنین تأسیسات به عنوان یک کل است، ولی بهترین کاربرد RCM در زمان طراحی و توسعه تجهیزات است، تا اثرات حالت‌های شکست را حذف یا کاهش دهد.

۲.۸ واژگان و تعاریف کلیدی

اثر شکست^۵ (پیامدها)^۶

آنچه در صورت رخ دادن یک حالت شکست اتفاق می‌افتد؛ پیامدهای آن.

بازه P-F

بازه بین نقطه‌ای که یک شکست بالقوه قابل تشخیص می‌شود و نقطه‌ای که به یک شکست کارکردی تبدیل می‌شود. گاهی این فاصله به عنوان زمان انتظار شکست^۷ نیز نامیده می‌شود.

پیش‌بینی^۸

پیش‌بینی یا پیش‌گویی نتیجه‌ای مانند اینکه یک دارایی یا قطعه چقدر دوام خواهد داشت یا عمر باقی‌مانده آن چقدر است.

تجزیه و تحلیل حالت و اثر شکست (FMEA)^۹

تکنیکی برای بررسی یک دارایی، فرآیند یا طراحی به منظور تعیین راه‌های بالقوه بروز شکست و پیامدهای بالقوه آن؛ و سپس شناسایی فعالیت‌های مناسب برای کاهش ریسک‌های با اولویت بالاتر.

حالت شکست^{۱۰}

رویدادی که باعث شکست کارکردی می‌شود؛ روش شکست.

دارایی بحرانی^{۱۱}

⁵ Failure Effect

⁶ Consequences

⁷ lead time to failure

⁸ Prognosis

⁹ Failure Mode and Effect Analysis

¹⁰ Failure Mode

¹¹ Critical Asset

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

دارایی هایی که به دلیل تأثیر آنها بر ایمنی، محیط زیست، کیفیت، تولید/عملیات و نگهداشت در صورت خرابی، به عنوان بحرانی ارزیابی و طبقه بندی شده اند.

شرایط عملیاتی

محیطی که در آن انتظار می رود از دارایی استفاده شود.

شکست^{۱۲}

ناتوانی یک دارایی / قطعه برای برآورده کردن عملکرد مورد انتظار از آن.

شکست بالقوه^{۱۳}

وضعیتی که نشان دهنده این است که بروز شکست کارکردی قریب الوقوع است یا در حال رخ دادن است.

شکست پنهان^{۱۴}

نوعی از حالت شکست که توسط فرد یا گروه عملیاتی در شرایط عادی تشخیص داده نمی شود.

شکست کارکردی^{۱۵}

حالتی که در آن یک دارایی / سیستم قادر به انجام یک کارکرد خاص با سطح عملکرد قابل قبول برای کاربر خود نیست.

شناسایی عمر^{۱۶}

فرآیندی تکراری برای بهینه سازی فواصل نگهداشت پیشگیرانه (PM).

علت شکست^{۱۷}

دلیلی که باعث خرابی چیزی شده است.

فروگرافی^{۱۸}

¹² Failure

¹³ Potential Failure

¹⁴ Hidden Failure

¹⁵ Functional Failure

¹⁶ Age Exploration

¹⁷ Failure Cause

¹⁸ Ferrography

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی
روش تحلیلی ارزیابی سلامت دستگاه با سنجش عددی و بررسی ذرات فرسایشی آهنی معلق در روانکار
یا سیال هیدرولیک.

فعالیت های بر مبنای زمان (TD)^{۱۹}

فعالیت هایی که به صورت مستقیم با هدف پیشگیری از شکست انجام می شوند و براساس زمان – زمان
تقویمی یا زمان کارکرد – انجام می شوند.

فعالیت های بر مبنای وضعیت (CD)^{۲۰}

فعالیت هایی که به طور مستقیم با هدف تشخیص شروع یک شکست یا نشانه شکست انجام می شوند.

فعالیت های جستجوی شکست (FF)^{۲۱}

فعالیت زمان بندی شده ای است که سعی می کند تشخیص دهد که آیا یک شکست پنهان رخ داده است
یا به زودی رخ خواهد داد.

قابلیت انتشار^{۲۲}

یک ویژگی بنیادی یک ماده است که عبارت است از نرخ انتشار انرژی تابشی در یک طول موج خاص،
از جسمی با سطح نوری صاف، در نتیجه فقط دمای آن، نسبت به نرخ انتشار متناظر از یک جسم سیاه در
همان دما و طول موج مشخص.

کارکرد تا خرابی (RTF)

یک استراتژی نگهداشت (سیاست) برای دارایی هایی که هزینه و اثر شکست آنها کمتر از هزینه اقدامات
پیشگیرانه است. این یک تصمیم آگاهانه بر مبنای اثربخشی اقتصادی است.

کرونا^{۲۳} (تخلیه جزئی)

کرونا به عنوان یک نام کلی برای هرگونه تخلیه الکتریکی استفاده می شود که در یک عایق الکتریکی
دارای جریان، در اثر یونیزاسیون شتاب داده شده تحت تأثیر میدان الکتریکی در عایق اتفاق می افتد. کرونا

¹⁹ Time-Directed Tasks

²⁰ Condition-Directed Tasks

²¹ Failure Finding Tasks

²² Emissivity

²³ Corona

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

یک نوع تخلیه محلی است که ناشی از یونیزاسیون گازی گذرا در یک سیستم عایقی است، زمانی که تنش ولتاژ بیش از مقدار بحرانی باشد.

گرانروی^{۲۴}

اندازه گیری مقاومت سیال در برابر جریان پیدا کردن است. این ویژگی اغلب به عنوان مقاومت ساختاری سیال شناخته می شود. گرانروی برای کنترل لایه روغن حیاتی بوده، شاخصی از شرایط روغن و دستگاه است.

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)

فرآیندی ساختار یافته و نظام مند برای توسعه یک برنامه نگهداشت کارآ و اثربخش برای یک دارایی، به منظور کاهش احتمال شکست های آن. این فرآیند ایمنی و تطابق به مأموریت را تضمین می کند.

نگهداشت مبتنی بر وضعیت (یا پیش بینی کننده °) (CBM / PdM)

نگهداری و تعمیرات بر مبنای وضعیت واقعی (سلامتی) دارایی ها، که از اندازه گیری ها و آزمایش های غیرمخرب در محل به دست می آید.

۳.۸ درک شکست ها و استراتژی های نگهداشت

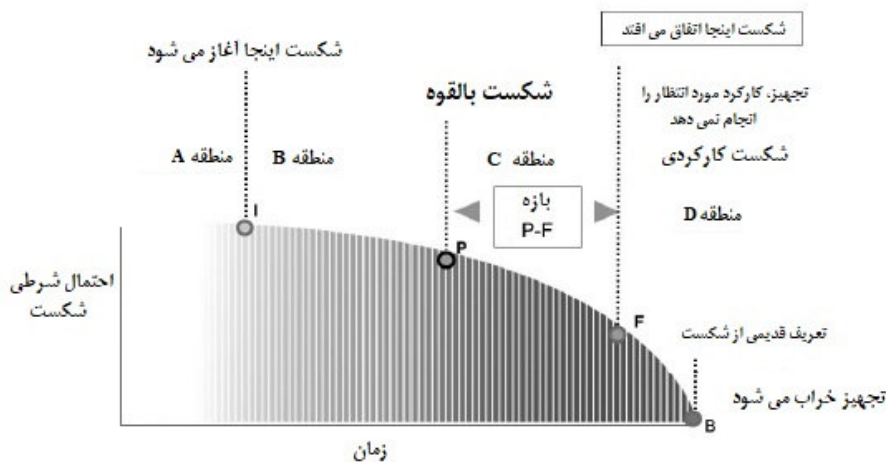
شکل ۱.۸ دوره ای را نشان می دهد که در آن یک شکست آغاز می شود و در نهایت به یک شکست کارکردی تبدیل شده، منجر به خرابی کامل دارایی می شود. دارایی ها در منطقه A بسیار عالی کار می کنند. با این حال، در جایی در آن منطقه، به دلیل کمبود یا کاهش تأمین روانکار، خطای انسانی، عیب در ماده، یا برخی دلایل دیگر، در انتهای منطقه A شکست آغاز می شود. این عیب می تواند به شکل یک ترک کوچک یا ذرات گیر افتاده در روانکار یا در مجموعه شیر و غیره باشد. در منطقه B این خرابی رشد می کند و خطر احتمال شکست دارایی را افزایش می دهد، با این حال هنوز متوجه آن نمی شویم. در نقطه P در ابتدای منطقه C، این عیب به یک شکست بالقوه تبدیل می شود. سپس در نقطه F در پایان منطقه C، این شکست بالقوه یک شکست کارکردی ایجاد می کند و یکی از کارکردهای دارایی متوقف می شود. با این حال، دارایی ممکن است با ظرفیت یا کارکرد کاهش یافته همچنان کار کند. در حال حاضر، برخی شواهد قابل مشاهده و / یا قابل اندازه گیری از یک شکست کارکردی وجود دارد. سرانجام، در نقطه B، دارایی به طور کامل متوقف می شود.

²⁴ Viscosity

²⁵ Predictive

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

فاصله زمانی بین نقاط P و F به عنوان بازه P-F شناخته می شود. در تئوری، بازه زمانی فعالیت های PM یا بر مبنای وضعیت، باید کمتر از زمان بازه P-F باشد تا شکست های بالقوه را شناسایی کرده، آنها را به موقع اصلاح کنیم. با این حال، ما اطلاعات خوبی در مورد محل زمانی نقاط P یا F نداریم. تجزیه و تحلیل داده های عملکرد و وضعیت می تواند به تخمین موقعیت (زمانی) آنها کمک کند. بحث ما فرض می کند که این نقاط در زمان ثابت هستند، با این حال این در عمل صادق نیست. آنها ممکن است براساس طبیعت عیب و محیط تغییر کنند. هدف ما شناسایی هرگونه عیب است، پیش از اینکه باعث توقف ما شوند.



شکل ۱.۸- درک شکست

بهترین استراتژی این است که با استفاده از اقدامات مبتنی بر وضعیت، عیب یا هر شرایط غیرطبیعی دیگری را در منطقه B در اسرع وقت پیدا کنیم. RBM و / یا PM می توانند برای شناسایی منابع این عیوب و اصلاح آنها در مراحل اولیه استفاده شوند.

تفکر سنتی اینگونه بوده است که هدف نگهداشت پیشگیرانه (PM) حفظ کردن دارایی ها است. به طور سطحی، این منطق قابل درک است، ولی مشکل در نگرش آن است. در واقع، این طرز فکر نشان داده است که اشکالات بنیادین دارد. تلاش کورکورانه برای حفظ دارایی ها مشکلات فراوانی ایجاد کرده است، مانند محافظه کاری بیش از حد در مورد هرگونه فعالیت نگهداشت که می تواند به دلیل اقدامات تهاجمی، باعث خرابی شود و در نتیجه شانس خطای انسانی را افزایش دهد. معایب دیگر این طرز فکر، یکی این تصور است که همه شکست ها برابر هستند و دیگری انجام فعالیت نگهداشت صرفاً به خاطر وجود فرصت انجام آن است.

در چند دهه گذشته، ابتکارات بسیاری برای کاهش هزینه، بهینه سازی منابع و تمرکز بر هدف نهایی هر اقدامی که انجام می دهیم، توسعه یافته است. نگرش حفظ دارایی ها به سرعت منابع را مصرف کرده،

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

برنامه‌های نگهداشت را به تأخیر انداخته و کارکشته ترین افراد نگهداشت را سر در گم کرده است. بدتر اینکه این ذهنیت گاهی باعث شده است که اقدامات نگهداشت کاملاً واکنشی شود. توسعه رویکرد نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان، دیدگاه تازه‌ای ارائه داده است که در آن هدف نگهداشت، حفظ دارایی‌ها به خاطر خود دارایی‌ها نیست، بلکه حفظ کارکرد دارایی‌ها است. در ابتدا، ممکن است پذیرش این مفهوم دشوار باشد، زیرا با نگرش دیرینه ما، که تنها هدف نگهداشت پیشگیرانه حفظ عملکرد تجهیزات است، در تضاد است. ولی در واقع، برای توسعه یک استراتژی نگهداشت مؤثر، باید بدانیم که خروجی مورد انتظار چیست و کارکردهایی که دارایی از آنها پشتیبانی می‌کند کدام است – به عبارت دیگر، هدف واقعی از داشتن دارایی چیست.

۴.۸ استراتژی نگهداشت – RCM

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان، که معمولاً با نام RCM شناخته می‌شود، روشی برای تضمین این هدف است که دارایی‌ها در شرایط عملیاتی فعلی شان همچنان به عملکردی که مورد نیاز کاربران است، ادامه می‌دهند. این روش یک فرآیند ساختار یافته برای توسعه یک برنامه نگهداشت کارا و اثربخش برای یک دارایی است، تا احتمال شکست‌های آن کاهش یابد. RCM عموماً برای بهبود همه جنبه‌های مدیریت دارایی استفاده می‌شود، مانند استقرار سطوح نگهداشت حداقل امن یا بهینه، تغییرات در رویه‌های عملیاتی و استقرار یک برنامه نگهداشت اثربخش. پیاده‌سازی موفق RCM، باعث ارتقای اثربخشی هزینه، آماده به کاری دارایی و درک بهتری از سطح ریسک‌هایی می‌شود که سازمان در حال حاضر مدیریت می‌کند. اثبات شده است که بهترین کاربرد RCM در فاز طراحی و توسعه دارایی‌هاست تا اثرات حالت‌های شکست را حذف کند یا کاهش دهد.

تاریخچه و توسعه RCM

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) یک رویکرد نظام مند برای توسعه الزامات نگهداشت جدید، که در حال حاضر وجود ندارند، و بهینه‌سازی برنامه نگهداشت موجود است. در هر دو مورد، نتیجه نهایی تحلیل RCM یک برنامه نگهداشت است که شامل وظایفی خواهد بود که بهترین رویکرد فنی و هزینه‌ای برای حفظ قابلیت بهره برداری^{۲۶} دارایی/قطعه را خواهند داشت. قابلیت بهره برداری، باعث بهبود قابلیت اطمینان سیستم و دسترس پذیری کارخانه می‌شود. یک نتیجه مهم دیگر برنامه RCM، ایجاد یک مبنای فنی مستند برای هر تصمیم در برنامه نگهداشت است.

²⁶ operability

در دهه ۱۹۶۰، هنگامی که هواپیمای جامبوجت ۷۴۷ بویینگ در حال تکمیل شدن بود، همه صاحبان/اپراتورهای هواپیما باید یک برنامه نگهداشت پیشگیرانه برای تأیید توسط آژانس هوایی فدرال آمریکا (FAA)^{۲۷} تهیه می کردند تا مجوز عملیات می گرفتند. هیچ هواپیمایی بدون این نوع مجوز نمی توانست به فروش برسد. اندازه خاص ۷۴۷، تعداد مسافران تقریباً سه برابر ۷۰۷ یا DC-8، و پیشرفت های فناوریانه زیاد در سازه و ناوبری^{۲۸} این هواپیما، باعث شد که FAA از همان ابتدا اعلام کند که نگهداشت پیشگیرانه روی ۷۴۷ بسیار گسترده خواهد بود. در واقع، شرکت های هواپیمایی گمان می کردند که با این الزام، ممکن است نتوانند این هواپیما را به صورت سودآوری عملیاتی کنند. این توسعه ضرورتاً باعث شد که صنعت هواپیمایی تجاری متعهد شود که مجدداً یک ارزیابی کامل از استراتژی نگهداشت پیشگیرانه خود انجام دهد. بیل منتزر^{۲۹}، تام متیسون^{۳۰}، استن نولند^{۳۱} و هارولد هیپ^{۳۲} از شرکت یونایتد ایرلاینز^{۳۳} این تلاش را رهبری کردند. نتیجه آن، یک رویکرد کاملاً جدید بود که از فرآیند درخت تصمیم گیری^{۳۴} برای رتبه بندی وظایف نگهداشت پیشگیرانه ای استفاده می کرد که برای حفظ کارکردهای حیاتی هواپیما در طول پروازها ضروری بودند. این تکنیک جدید در گروه رهبری نگهداشت ۱ (MSG1)^{۳۵} برای ۷۴۷ تعریف و توضیح داده شد و سپس توسط FAA تأیید شد. با موفقیت MSG-1، اصول آن برای هواپیماهای دیگری مانند DC-10، MD-80/90 و بویینگ ۷۷۷/۷۵۷، P-3 و S3 نیروی دریایی و هواپیماهای F-4J نیروی هوایی آمریکا تحت قرارداد با وزارت دفاع آمریکا (DOD) اعمال شد. در سال ۱۹۷۵، DOD دستور داد که مفهوم MSG به نام نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) نامیده شود و در همه سیستم های نظامی اصلی اعمال شود. در سال ۱۹۷۸، شرکت یونایتد ایرلاینز در قراردادی با DOD، کتاب "انجیل" اولیه RCM را تهیه کرد. توسعه RCM یک فرآیند تکاملی بوده است. بیش از ۴۰ سال از شروع آن گذشته است و در طی این سالها RCM به یک فرآیند بالغ تبدیل شده است. با این حال، با وجود سابقه اثبات شده آن، صنعت هنوز به طور کامل روش RCM را درک نکرده است. در سال های اخیر، آنتونی (مک) اسمیت^{۳۶} و جک نیکلاس^{۳۷} رهبران اصلی در افزایش آگاهی در مورد RCM بوده اند. مثال هایی که در این بخش بحث

²⁷ Federal Aviation Agency

²⁸ avionics

²⁹ Bill Mentzer

³⁰ Tom Matteson

³¹ Stan Nowland

³² Harold Heap

³³ United Airlines

³⁴ decision-tree process

³⁵ Maintenance Steering Group 1

³⁶ Anthony (Mac) Smith

³⁷ Jack Nicholas

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

شده، نتیجه کاری است که توسط مک اسمیت، گلن هینچکلیف³⁸ و نویسنده در بهینه سازی PM ها با استفاده از متدولوژی RCM انجام شده است.

اصول RCM

چهار اصل وجود دارد که RCM را تعریف و توصیف کرده، آن را از هر فرآیند برنامه ریزی PM دیگری متمایز می کنند.

اصل نخست: هدف اصلی RCM حفظ کارکرد سیستم است.

این اصل از مهم ترین و شاید سخت ترین اصول برای پذیرش است، زیرا با عقیده ریشه دار ما که PM ها برای حفظ عملکرد تجهیزات انجام می شوند، متعارض است. با مشخص کردن کارکرد سیستم، ما می خواهیم بدانیم خروجی مورد انتظار باید چه چیزی باشد و همچنین درک کنیم که حفظ آن خروجی (کارکرد) وظیفه اصلی ما است.

اصل دوم: شناسایی حالت های شکستی که می توانند کارکردها را نابود کنند.

از آنجا که هدف اصلی حفظ کارکرد سیستم است، از دست دادن کارکرد موضوع بعدی مورد بررسی خواهد بود. شکست های کارکردی در اندازه ها و شکل های گوناگونی به وجود می آیند؛ آنها همیشه به سادگی به صورت "داریم یا نداریم" نیستند. به عنوان مثال، از دست دادن یکپارچگی مرزی سیال در یک سیستم پمپاژ این نکته را نشان می دهد. از دست دادن سیال می تواند (۱) یک نشتی بسیار کوچک باشد که از نظر کیفی می تواند به عنوان چکه تعریف شود؛ (۲) هدر رفت سیال که می تواند به عنوان یک نشتی بنیادی طراحی تعریف شود – یعنی هر نشتی بیش از یک مقدار دبی خاص تأثیر منفی بر کارکرد سیستم خواهد داشت، ولی لزوماً به معنی از دست دادن کلی کارکرد نیست؛ و (۳) از دست دادن کامل یکپارچگی مرزی، که می تواند به عنوان هدر رفت فاجعه بار سیال و از دست دادن کارکرد تعریف شود. در این مثال، یک کارکرد خاص – حفظ یکپارچگی سیال – منجر به سه شکست کارکردی شده است. نکته کلیدی اصل دوم شناسایی حالت های شکست خاص در یک جزء خاص است که می تواند باعث ایجاد شکست های کارکردی ناخواسته می شوند.

اصل سوم: اولویت بندی نیازهای کارکردی (حالت های شکست).

همه کارکردها به یک اندازه مهم نیستند. یک رویکرد سازمان یافته برای اولویت بندی همه شکست های کارکردی و حالت های شکست با استفاده از یک منطق اختصاص اولویت انجام می شود.

³⁸ Glen Hinchcliffe

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

اصل چهارم: انتخاب وظایف قابل اجرا و اثربخش.

هر فعالیت PM یا CBM بالقوه باید از نظر قابل اجرا و اثربخش بودن ارزیابی شود. قابل اجرا بودن به معنای این است که اگر این کار انجام شود، یکی از سه دلیل زیر برای انجام PM یا CBM را برآورده می کند:

۱. پیشگیری یا کاهش خرابی.
۲. تشخیص آغاز شکست.
۳. کشف یک شکست پنهان.

اثربخش بودن یعنی مطمئن هستیم که این کار مفید خواهد بود و مایل به صرف منابع برای انجام آن هستیم. علاوه بر این، RCM به موارد زیر توجه می کند:

محدودیت های طراحی. هدف RCM حفظ قابلیت اطمینان ذاتی کارکرد سیستم است. یک برنامه نگهداشت تنها می تواند سطح قابلیت اطمینانی را حفظ کند که به طور ذاتی در طراحی سیستم دیده شده باشد؛ هیچ مقدار نگهداشتی نمی تواند طراحی ضعیف را جبران کند. این امر ایجاب می کند که دانش نگهداشت به طراحان بازگردانده شود تا طراحی بعدی را بهبود دهند. RCM به این تفاوت پی برده است که میان عمر طراحی فرضی (آنچه طراح فکر می کند که عمر سیستم است) و عمر طراحی واقعی تفاوت وجود دارد. RCM این موضوع را از طریق فرآیند شناسایی عمر (AE) بررسی می کند.

RCM ابتدا تحت تأثیر ایمنی و سپس اقتصاد قرار دارد. ایمنی باید با هر قیمتی حفظ شود؛ ایمنی همیشه در هر کار نگهداشتی اولویت دارد. به همین دلیل، هزینه حفظ شرایط کاری ایمن به عنوان هزینه RCM محاسبه نمی شود. پس از تضمین ایمنی در کار، RCM هزینه ها را به همه فعالیت های دیگر اختصاص می دهد.

اجزای RCM

استاندارد SAE JA1011 حداقل معیارهایی را که یک فرآیند باید برآورده کند تا به عنوان RCM شناخته شود، توصیف می کند. فرآیند RCM به هفت پرسش اساسی زیر پاسخ می دهد:

۱. کارکردها و استانداردهای عملکرد مطلوب مرتبط با دارایی در محیط عملیاتی فعلی اش چیست (کارکردها)؟
۲. به چه شکل هایی دارایی در انجام کارکردهایش دچار شکست می شود (شکست های کارکردی)؟
۳. هر شکست کارکردی چه علتی دارد (حالت های شکست)؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۴. در هنگام وقوع هر شکست چه اتفاقی می افتد (اثرات شکست)؟
۵. هر شکست به چه روش هایی اهمیت دارد (پیامدهای شکست)؟
۶. برای پیش بینی یا پیشگیری از هر شکست چه کاری باید انجام شود (اقدامات پیش کنشی^{۳۹} و فواصل زمانی فعالیت ها)؟
۷. اگر فعالیت پیش کنشی مناسبی پیدا نشد، چه کاری باید انجام شود (اقدامات پیش فرض)؟

برخلاف برخی رویکردهای دیگر برنامه ریزی نگهداشت، نتیجه RCM همه انتخاب های قابل انجام و ملموس زیر است:

- زمان بندی فعالیت های نگهداشت، که می تواند شامل موارد زیر باشد:
 - فعالیت های بر مبنای زمان (TD)، (PMهای مبتنی بر تقویم/زمان کارکرد)
 - فعالیت های بر مبنای وضعیت (CD)، (فعالیت های CBM/PdM)
 - فعالیت های کشف شکست (FF) (فعالیت های پشتیبانی اپراتور)
 - فعالیت های کارکرد تا خرابی (RTF) (براساس تصمیم اقتصادی)
- رویه های عملیاتی بازنگری شده برای اپراتورهای دارایی ها، که ممکن است شامل فعالیت های خدماتی مانند تعویض فیلترها، نمونه گیری روغن و ثبت پارامترهای عملیاتی باشد
- لیستی از تغییرات پیشنهادی در طراحی دارایی که اگر هدف دستیابی به عملکرد مطلوب باشد، به آنها نیاز است.

RCM تأکید نگهداشت را از نگرشی که در آن همه شکست ها بد هستند و باید از آنها پیشگیری شود، به درک گسترده تر هدف نگهداشت منتقل می کند. این روش به دنبال یافتن اثربخش ترین استراتژی است که روی عملکرد سازمان متمرکز باشد. این استراتژی ممکن است شامل انجام ندادن کاری درباره یک شکست یا اجازه دادن به وقوع شکست ها باشد. رویکرد RCM ما را به این تفکر تشویق می کند که با روشهای همه جانبه نگرتری به مدیریت شکست ها فکر کنیم.

فرآیند تحلیل RCM

اگرچه RCM کاربردهای فراوان و متنوعی دارد، ولی بیشتر رویه ها شامل تعدادی از مراحل زیر یا همه آنها هستند:

۱. انتخاب سیستم و جمع آوری اطلاعات
۲. تعریف مرز سیستم

³⁹ proactive

۳. توصیف سیستم و نمودار بلوکی کارکردی^{۴۰} آن
۴. کارکردهای سیستم و شکست‌های کارکردی
۵. تحلیل حالت و اثرات شکست (FMEA)
۶. تحلیل درخت منطق (تصمیم) (LTA)^{۴۱}
۷. انتخاب فعالیت های نگهداشت
۸. گردآوری و پیاده سازی فعالیت ها
۹. تبدیل برنامه به یک برنامه زنده – بهبودهای مستمر

گام ۱: انتخاب سیستم و جمع‌آوری اطلاعات. هدف از مرحله ۱ تضمین این نکته است که تیم RCM محدوده خود را به اندازه کافی ارزیابی کرده است تا بداند کدام سیستم‌ها مشکل دارند یا به اصطلاح، *بازیگران* به هستند. تیم می‌تواند از تحلیل پارتو^{۴۲} (قانون ۲۰/۸۰) برای تعیین لیست مشکلات استفاده کند و برای این تحلیل از معیارهایی مانند بالاترین هزینه‌های کل نگهداشت (CM + PM)، ساعت‌های از کار افتادگی و تعداد اقدامات اصلاحی استفاده نماید. شناسایی این سیستم‌ها ابعاد تلاش RCM را، برای بیشترین بازگشت سرمایه، مشخص می‌کند. شکل ۲۸ لیست دارایی‌های یک کارخانه – فرکانس شکست، زمان از کار افتادگی و هزینه‌های نگهداشت – را نشان می‌دهد تا به ما کمک کند که تصمیم بگیریم کدام دارایی‌ها بهترین انتخاب برای تحلیل RCM هستند. چندین دارایی اول لیست شده در این جدول برای انجام RCM مناسب هستند.

دارایی کارخانه	تعداد شکست ها	ساعات از کار افتادگی	هزینه نگهداشت اصلاحی (CM) به دلار	هزینه نگهداشت پیشگیرانه (PM) به دلار	کل هزینه نگهداشت
کمپرسور هوای شماره ۱	۲۸	۶۸/۴	۲۵۰۲	۱۷۰۷	۴۲۰۷
جرقه‌یل ۱۵۰ تن	۲۴	۷۴/۸۷	۲۷۲۸	۱۷۰۵	۴۴۳۳
ماشین NC شماره ۳	۲۰	۵۵/۲۰	۲۰۴۰	۱۲۸۵	۳۳۲۵
آسیاب شماره ۲	۷	۱۶/۰۰	۶۶۸	۱۲۸۵	۱۹۵۳
ماشین مونتاژ شماره ۲	۵	۱۲/۶۰	۵۴۹	۱۲۸۵	۱۸۳۴
سیستم هیدرولیک شماره XX	۴	۲۱/۲۵	۸۵۲	۸۶۵	۱۷۱۷
پرس پانچ شماره ۴	۳	۸/۰۰	۳۸۸	۸۶۵	۱۲۵۳
لیفتراک شماره ۲	۲	۷/۸۰	۳۸۱	۸۶۵	۱۲۴۶

⁴⁰ functional block diagram

⁴¹ Logic Tree Analysis

⁴² Pareto analysis

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ماشین تراش شماره ۴	۲	۹/۵۰	۴۴۱	۸۶۵	۱۳۰۶
سیستم هیدرولیک شماره YY	۲	۱۲/۶۰	۵۴۹	۸۶۵	۱۴۱۴
ماشین NC شماره ۱	۱	۸/۴۰	۴۰۲	۸۶۵	۱۲۶۷
ماشین تراش شماره ۵	۱	۴/۲۵	۲۵۷	۸۶۵	۱۱۲۲
ماشین دریل شماره ۷	۱	۲/۵۰	۱۹۶	۸۶۵	۱۰۶۱
مجموع	۱۰۰	۳۰۱	۱۱۹۵۲	۱۴۱۸۵	۲۶۱۳۷

شکل ۲.۸- داده های شکست و هزینه کارخانه، بر حسب دارایی

انتخاب اعضای تیم RCM عنصر کلیدی در اجرای یک برنامه RCM موفق است. تیم باید شامل افراد زیر باشد:

- اپراتور سیستم
- تکنیسین نگهداشت سیستم (مکانیکی / برقی / کنترل)
- مهندس عملیات / تولید
- مهندس سیستم / نگهداشت (مکانیکی / برقی)
- متخصص یا تکنسین CBM / PdM
- تسهیل گر^{۴۳}

استفاده از تسهیل گرها برای پشتیبانی از تلاش های RCM توصیه می شود. آنها اطمینان حاصل می کنند که تحلیل RCM در سطح مناسبی انجام می شود، هیچ مورد مهمی نادیده گرفته نمی شود و نتایج تحلیل به درستی ثبت می شود. تسهیل گرها همچنین مشکلات بین اعضای تیم را مدیریت می کنند، به آنها کمک می کنند تا با یکدیگر به توافق برسند و اعضای تیم را متعهد و درگیر نگه می دارند. هدف دیگر گام یک جمع آوری اطلاعاتی است که تیم برای تحلیل سیستم از آنها استفاده خواهد کرد. این اطلاعات شامل نمودارها، نمودارهای لوله کشی و ابزار دقیق (P&ID)^{۴۴}، دفترچه راهنمای فروشنده، مشخصات و شرح سیستم، دستورالعمل های عملیاتی و تاریخچه نگهداشت است.

گام ۲: تعریف مرز سیستم. پس از انتخاب یک سیستم، مرحله بعدی تعریف مرزهای آن است - درک سیستم به عنوان یک کل و زیرسیستم های عملیاتی آن. این گام تضمین می کند که هیچ تداخل یا شکافی بین سیستم های مجاور وجود ندارد. ما باید سوابق ثبت شده واضحی برای استفاده در آینده داشته باشیم که مشخص کند که دقیقاً چه چیزی داخل سیستم تعریف شده است. علاوه بر این، باید مرزها را با واژگان دقیق مشخص کنیم؛ یک بخش کلیدی از تحلیل، مشخص کردن دقیق آن چیزی

⁴³ facilitator

⁴⁴ Piping & Instrumentation Diagrams

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

است که خارج از مرزهای سیستم قرار می گیرد، یعنی وجوه مشترک "ورودی - IN" و "خروجی - OUT"، به ترتیب.
یک مثال از مرز سیستم در شکل ۳.۸ نشان داده شده است.

RCM – تحلیل سیستم			
گام ۲:	مرز سیستم	شماره شناسایی کارخانه ۰۰۰۴۵۶	
اطلاعات:	بازبینی مرز	شماره شناسایی سیستم V-456-xx123	
	V-HPA		شماره کارخانه:
	سیستم پمپاژ X3		سیستم:
	اد آی، برایان اس، براون ال، رونی	تاریخ: ۰۲/۲۰/۲	تیم:
	اس، مایک اچ، گلن اچ (تسهیل گر)		

دارایی های اصلی (در سطح ۲) شامل:

موتور القایی GE – 6000 HP
کمپرسور گریز از مرکز دو مرحله ای
کوپلینگ
پمپ روغن کاری
خنک کن روغن
فیلتر هوای ورودی
شیرهای شماره V1، V2، V3 و V4

مرز فیزیکی اولیه

هوا از محیط وارد فیلتر هوا می شود
هوای خروجی در خروجی شیر V4 – فشار psign ۳۸ و دمای ۱۰۰ درجه
فارنهایت

شامل سیستم تأمین انرژی برق – ترمزها، استارترها، کابل ها و غیره نمی شود
شکل ۳.۸ – تعریف مرز سیستم

توجه

گام ۳: توصیف سیستم و نمودار بلوکی کارکردی. مرحله ۳ شامل شناسایی و مستندسازی جزئیات ضروری سیستم است. این جزئیات شامل اطلاعات زیر است:

- توصیف سیستم
- نمودار بلوکی کارکردی
- رابطهای ورودی / خروجی

- ساختار شکست کار^{۴۵} سیستم
- تاریخچه تجهیزات / قطعات

در زمان تحلیل RCM یک سیستم، باید توصیف مستندی از سیستم و یک تعریف مبنای دقیق از آن را ثبت کنیم. تغییرات طراحی و عملیاتی مختلف ممکن است در طول زمان رخ دهند. بنابراین، باید مبنای سیستم را شناسایی کرد تا بتوان تعیین کرد که آیا در آینده [در صورت تغییر در سیستم] نیاز به بازبینی و ویرایش فعالیت های PM وجود دارد یا نه. بارها مشاهده شده است که اعضای تیم و تحلیل گران دانش سطحی و اندکی از سیستم دارند. ثبت یک شرح کارکردی دقیق از سیستم، تضمین می کند که تیم بررسی جامعی از سیستم داشته باشد.

به علاوه، مستندسازی اطلاعات زیر برای تحلیل داده ها در آینده مفید است:

- ویژگی های افزونگی: افزونگی تجهیزات / قطعات، حالت عملیات های جایگزین، حاشیه های طراحی^{۴۶} و راه حل های موقتی اپراتورها
 - ویژگی های حفاظتی: فهرستی از دستگاه هایی که برای پیشگیری از صدمه به کارکنان یا خسارت ثانویه به سیستم، در صورت وقوع شکست غیرمنتظره در قطعه استفاده می شوند، می تواند شامل سیگنال های ممانعت یا مجاز، اخطارها، منطق و جداسازی^{۴۷} باشد
 - ویژگی های کنترلی کلیدی: خلاصه ای از شیوه کنترل سیستم؛ همچنین به طور خلاصه ویژگی هایی مانند خودکار در برابر دستی، مرکزی در برابر محلی و ترکیبات مختلفی از موارد فوق را ذکر می کند.
- مورد بعدی در گام ۳ توسعه نمودار بلوکی کارکردی (FBD)^{۴۸} است که نمایشی سطح بالا از روابط اصلی بین یک سیستم انتخاب شده و سیستم های مجاور آن است. شکل ۴.۸ یک FBD با رابط های کارکردی شامل زیرسیستم ها را نشان می دهد.
- در یک تیم واقعی، ابتدا احتمالات گوناگونی که باید در ایجاد زیرسیستم های کارکردی مورد بررسی قرار گیرند، بحث می شوند. هنگامی که FBD نهایی شد، در مورد استفاده از زیرسیستم های کارکردی و همچنین نمایش نهایی رابط های ورودی / خروجی تصمیم گرفته می شود.
- فهرست کردن همه قطعات به عنوان بخشی از ساختار شکست کار سیستم (SWBS)^{۴۹} بسیار مطلوب است. SWBS مجموعه ای لیست اقلام موجود در سیستم است. SWBS یک لیست سلسله مراتبی از روابط والد و فرزندی است. در بیشتر موارد، SWBS باید همان لیستی باشد که در CMMS برای سیستم تهیه شده است. در کارخانه های قدیمی تر، که منابع مرجع ممکن است قدیمی باشند، تیم RCM باید

⁴⁵ work breakdown structure

⁴⁶ design margins

⁴⁷ isolation

⁴⁸ Functional Block Diagram

⁴⁹ System Work Breakdown Structure

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

سیستم را از نزدیک بررسی کند تا از دقت SWBS نهایی مطمئن شود. حتی اگر سیستم به خوبی مستند شده باشد، این روش خوبی است که به تیم کمک می کند تا با سیستم آشنا شود. آخرین مورد در گام ۳ جمع آوری داده های تاریخی سیستم است. برای تیم تحلیل، داشتن تاریخچه چند سال گذشته از رویدادهای شکست قطعه و سیستم مفید خواهد بود. این داده ها باید از گزارش های صحیح تعمیر و نگهداری یا از سیستم CMMS به دست آید. متأسفانه، معمولاً اطلاعات مفید در مورد رخدادهای شکست کمیاب است. در بسیاری از کارخانه ها، اینگونه سوابق کیفیت بسیار پایینی دارند. بیشتر مواقع، تاریخچه تعمیرات صرفاً عبارت "پمپ تعمیر شد" یا "پمپ درست شد" است. بهبود کیفیت داده چالشی برای بسیاری از سازمان ها است. اگر سوابق شکست خوبی در دسترس نیست، تیم می تواند با هم کار کند تا لیستی از رویدادهای شکست در چند سال گذشته تهیه کند. این لیست از شکست ها در انجام تحلیل FMEA در گام ۵ به کمک می آید.

RCM – تحلیل سیستم			
گام ۳:	نمودار بلوکی کارکردی سیستم	شماره شناسایی کارخانه ۰۰۰۴۵۶	
	(FBD)		
اطلاعات:	بازبینی مرز	شماره شناسایی سیستم	
	V-HPA	V-456-xx123	
شماره کارخانه:	سیستم پمپاژ X3		
سیستم:	اد آی، برایان اس، براون ال، رونی	تاریخ: ۰۲/۲۰/۲	
تیم:	اس، مایک اچ، گلن اچ (تسهیل گر)		

(نمودار بلوکی)

شکل ۴.۸ – نمودار بلوکی کارکردی

گام ۴: کارکردهای سیستم و شکست های کارکردی. از آنجا که هدف نهایی RCM "حفظ کارکرد سیستم" است، تیم RCM باید فهرست کاملی از کارکردهای سیستم و شکست های کارکردی تهیه کند. بنابراین، در گام ۴، کارکردهای سیستم و شکست های کارکردی مستند می شوند. شرح کارکرد باید توصیف کند که سیستم چه کاری انجام می دهد – کارکردهایش. به عنوان مثال، یک کارکرد درست ممکن است "حفظ جریان ۱۰۰۰ گالن در دقیقه در هدر ۲۵" باشد، ولی عبارت "تأمین پمپ گریز از مرکز ۱۰۰۰ گالن در دقیقه برای تخلیه در هدر ۲۵" شرح کارکرد درستی نیست. مثال دیگری این است که "دمای روغن روانکار را ۱۱۰ درجه فارنهایت نگه دارید". در تئوری، ما باید قادر باشیم با ایستادن در خارج از مرز سیستم انتخابی و بدون دانستن SWBS برای سیستم، کارکردها را صرفاً با توجه به آنچه که از سیستم خارج می شود (رابط های خروجی) تعریف کنیم.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

گام بعدی مشخص کردن این است که چه مقدار از هر کارکردی می‌تواند از بین برود، یعنی شکست‌های کارکردی. اگر سیستم را به خوبی توصیف کرده باشیم، بیشتر کارکردها باید دارای بیش از یک شرط از دست دادن باشند. به عنوان مثال، شرایط از دست دادن می‌تواند طیفی شامل از دست دادن کلی و سطوح گوناگون از دست دادن جزئی با پیامدهای متفاوت برای کارخانه (و بنابراین اولویت) تا شکست در شروع یا در هنگام تقاضا⁵⁰ باشد. هدف نهایی یک تحلیل RCM پیشگیری از این شکست‌های کارکردی و در نتیجه آن حفظ کارکرد است. در گام ۷، این هدف به انتخاب فعالیت‌های نگهداشت پیشگیرانه ای منجر خواهد شد که باعث پیشگیری موفقیت آمیز شکست‌های کارکردی جدی می‌شوند.

RCM – تحلیل سیستم		
گام ۴:	کارکردها/شکست‌های کارکردی	شماره شناسایی کارخانه ۰۰۰۴۵۶
اطلاعات:	توصیف شکست کارکردی	شماره شناسایی سیستم V-456-xx123
شماره کارخانه:	V-HPA	
سیستم:	سیستم پمپاژ X3	
تیم:	اد آی، برایان اس، براون ال، رونی اس، تاریخ: ۰۲/۱۲/۳	
	مایک اچ، گلن اچ (تسهیل گر)	

شماره کارکرد	شماره شکست کارکردی	توصیف کارکرد/شکست کارکردی
۱		تأمین هوای فشرده از اتمسفر با فشار ۳۸ PSIG و دبی ۶۰۵۰ CFM برای کمپرسورهای 93 A/B در شرایط عملیاتی نرمال
	۱.۱	عدم تأمین هوا
	۱.۲	فشار هوای نامناسب
	۱.۳	تأمین هوا در شرایط عملیاتی غیرنرمال
۲		تأمین روانکاری فیلتر شده در دما و فشار لازم
	۲.۱	از دست رفتن روانکاری
	۲.۲	روانکاری با دما، فشار و تمیزی نامناسب
۳		خارج کردن گرمای حاصل از فشرده سازی
	۳.۱	ناتوانی در خارج کردن گرمای حاصل از فشرده سازی
	۳.۲	خارج کردن نادرست گرمای حاصل از فشرده سازی (زیاد یا کم)
۴		تأمین هوای فیلتر شده از اتمسفر برای ابزار دقیق و آب بندی، با شرایط مورد نیاز
	۴.۱	نبود هوای فیلتر شده
	۴.۲	شرایط نامناسب هوا (فشار بالا یا پایین، کثیف)

⁵⁰ on demand

۵	تأمین سیگنال های مناسب (کنترلی، اخطار دهنده، وضعیت و حفاظتی)	
	نبود سیگنال	۵.۱
	سیگنال های اشتباه	۵.۲
۶	حفظ یکپارچگی مرزی	
	از دست رفتن یکپارچگی مرزی	۶.۱

شکل ۵.۸- کارکردها / شکست های کارکردی

گام ۵: تحلیل حالت و اثرات شکست (FMEA). گام ۵، تحلیل حالت و اثرات شکست (FMEA)، قلب فرآیند RCM است. FMEA به طور سنتی برای بهبود طراحی سیستم استفاده شده است و در حال حاضر به طور اثربخشی برای تحلیل شکست هایی استفاده می شود که برای حفظ کارکرد سیستم حیاتی هستند.

با توسعه ماتریس شکست کارکردی - تجهیز، گام ۵ برای نخستین بار به ارتباط بین کارکرد و سخت افزار توجه می کند. این ماتریس شکست های کارکردی را از گام ۴ به عنوان عناصر افقی و SWBS را از گام ۳ به عنوان عناصر عمودی فهرست می کند. در این مرحله، کار تیم این است که با استفاده از تجربیات خود مطمئن شود که هر تلاقی بین اجزا و شکست کارکردی باعث ایجاد برخی از کارکردهای نامناسب می شود که ممکن است منجر به شکست کارکردی شوند. تیم به مرور این ماتریس را با در نظر گرفتن وضعیت هر جزء در برابر همه شکست های کارکردی کامل کرده، به طور عمودی از لیست اجزا به سمت پایین می رود. پس از تکمیل کامل ماتریس، الگویی از X ها را تولید می کند که در واقع نقشه راهی برای رسیدن به تحلیل دقیق تر است.

گام بعدی در این فرآیند انجام FMEA (که در فصل ۱۱ بحث می شود)، با در نظر گرفتن هر جزء و شکست های کارکردی آن است، همان طور که در شکل ۶.۸ نشان داده شده است. FMEA دومین اصل RCM را برآورده می کند: "تعیین شکست های خاص اجزا که ممکن است منجر به یک یا چند شکست کارکردی شوند". این ها شکست هایی هستند که باعث از دست رفتن کارکردها می شوند و در مرکز توجه تیم قرار می گیرند.

RCM - تحلیل سیستم		
گام ۵:	تحلیل حالت و اثرات شکست	شماره شناسایی کارخانه ۰۰۰۴۵۶
اطلاعات:	شکست کارکردی	شماره شناسایی سیستم V-456-xx123
شماره کارخانه:	V-HPA	
سیستم:	سیستم پمپاژ X3	
تیم:	اد آی، برایان اس، براون ال، رونی	تاریخ: ۰۲/۲۲/۳
	اس، مایک اچ، گلن اچ (تسهیل گر)	

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

شماره شکست کارکردی (FF)	شماره کمپرسور	شرح کمپرسور	شماره حالت شکست (FM)	حالت شکست	شماره علت شکست (FC)	علت شکست	محلی	سیستم	کارخانه	تحلیل درخت منطق (LTA)
۱.۱	۰۱	موتور ۶/۹kV	۱.۰۱	گریپاژ بیرینگ	۱.۱.۱	۱- آلودگی روغن ۲- نبود روانکار	نمی تواند هوا را برای C93A/B تأمین کند	نمی تواند هوا را برای C93A/B تأمین کند	از دست دادن هوای فشار بالا (HPA)	بله
۱.۱	۰۱	موتور ۶/۹kV	۱.۰۲	فرسایش بیرینگ	۱.۲.۱	۱- استفاده عادی ۲- آلودگی روغن	افزایش دما و ارتعاش بیرینگ برای C93A/B تأمین کند	بدترین حالت: نمی تواند هوا را برای C93A/B تأمین کند	از دست دادن هوای فشار بالا (HPA)	بله
۱.۱	۰۱	موتور ۶/۹kV	۱.۰۳	اتصال کوتاه یا اتصال باز در سیم پیچ ها (خرابی عایق)	۱.۳.۱	۱- کهنگی و آلودگی ۲- کرونا انتهای سیم پیچ	موتور کار نخواهد کرد هوا را برای C93A/B تأمین کند	نمی تواند هوا را برای C93A/B تأمین کند	از دست دادن هوای فشار بالا (HPA)	بله
۱.۱	۰۱	موتور ۶/۹kV	۱.۰۴	از دست رفتن یا ترک در حلقه جریان ^{۵۱} و مسدود شدن دور نهایی سیم پیچ	۱.۴.۱	ارتعاش و گرما پیچ که منجر به شکست می شود	افزایش دمای سیم پیچ منجر به شکست می شود	بدترین حالت: نمی تواند هوا را برای C93A/B تأمین کند	از دست دادن هوای فشار بالا (HPA)	بله
۱.۱	۰۱	موتور ۶/۹kV	۱.۰۵	سنسور دمای RTD ^{۵۲} در حالت باز خراب می شود	۱.۵.۱	شکست داخلی دادن نشانه دمای موتور	از دست دادن نشانه دمای موتور	ندارد	ندارد	نه
۱.۱	۰۱	موتور ۶/۹kV	۱.۰۶	مسدود شدن فیلتر هوا	۱.۶.۱	آلودگی می شود	موتور داغ می شود	ندارد	ندارد	نه

شکل ۶.۸- مثالی از FMEA

^{۵۱} surge ring

^{۵۲} Resistant Temperature Detection

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

در بررسی حالت های شکست، تیم‌ها می‌توانند از راهنمایی‌های زیر در پذیرش، رد یا کنار گذاشتن برای بررسی‌های بعدی استفاده کنند:

• **حالت شکست محتمل.** آیا این حالت شکست حداقل یکبار در طول عمر تجهیز / کارخانه رخ می‌دهد؟ اگر بله، نگاه داشته می‌شود. اگر خیر، به عنوان یک رویداد نادر در نظر گرفته شده، از بررسی‌های بعدی حذف می‌شود.

• **حالت شکست نامحتمل.** آیا این حالت شکست قوانین طبیعی فیزیک را نقض می‌کند؟ - آیا این حالت شکست هرگز رخ نمی‌دهد؟ معمولاً این دسته از حالت‌های شکست فرضی خیلی کم هستند. ولی اگر به یک حالت شکست نامحتمل برخورد کردید، آن را به عنوان "نامحتمل" برچسب‌گذاری کرده، از بررسی‌های بعدی حذف کنید.

• **حالت شکست قابل نگهداشت.** حالت های شکست خاصی وجود دارند که به وضوح می‌توانند از دو آزمون فوق عبور کنند، ولی در عمل هیچگاه شرایطی که یک اقدام پیشگیرانه قابل اجرا باشد، برای آنها امکان‌پذیر نیست. به عنوان مثال، عملیات نگهداشت پیشگیرانه روی یک برد مدار چاپی پر از چیپ های IC یکی از مواردی است که در آن رویکرد نگهداشت عملی این است که آن را در صورت شکست جایگزین کنید.

• **علل ناشی از خطای انسانی.** اگر تنها راه ایجاد این حالت شکست، ناشی از یک خطای انسانی ناگوار (ولی احتمالی) باشد، این حالت را ثبت می‌کنیم. ولی آن را از بررسی‌های بعدی حذف می‌کنیم، زیرا واقعا نمی‌توانیم واکنش پیشگیرانه‌ای را برای جلوگیری از چنین رویدادهای تصادفی و غیرقابل کنترل برنامه ریزی کنیم. اگر مشکل خطای انسانی فرضی مهم باشد، می‌توانیم بعداً در ارزیابی سایر انواع اقدامات اصلاحی یا کاهش دهنده، مانند بازطراحی از طریق منطق کنترل، به آن خطای انسانی توجه کنیم.

سپس تیم برای هر حالت شکست نگاه داشته شده برای تحلیل، روی یک یا دو علت احتمالی شکست آن تصمیم می‌گیرد. علت شکست، بنا به تعریف، شرحی شامل ۱ تا ۳ واژه از این است که چرا شکست رخ می‌دهد. ما تصمیم‌گیری‌های خود را به *علل ریشه‌ای*^{۵۳} محدود می‌کنیم. اگر حالت شکست فقط می‌تواند در اثر شکست قبلی دیگری در سیستم یا کارخانه رخ دهد، این حالت شکست به عنوان علت پیامدی در نظر گرفته می‌شود.

اکنون تأثیر محلی هر حالت شکست نگاه داشته شده ارزیابی می‌شود. چه کاری می‌تواند با قطعه انجام دهد؛ چه کاری می‌تواند با کارکردهای سیستم انجام دهد؛ چگونه می‌تواند روی خروجی سیستم / کارخانه تأثیر بگذارد؟ اگر مسایل ایمنی هم مطرح شوند، می‌توانند بخشی از اثرات ثبت شده باشند. در تحلیل اثرات شکست، یک سناریوی شکست واحد را فرض کنید. همچنین، اجازه دهید همه جوانب افزونگی در رسیدن

^{۵۳} root causes

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

به شرح اثر شکست به کار گرفته شود. بنابراین، بسیاری از حالت های شکست واحد می توانند هیچ تأثیری روی سطح کارخانه یا سیستم نداشته باشند. در این صورت، حالت شکست را به عنوان اولویت پایین مشخص کنید و آن را به گام ۶ تحلیل درخت منطقی منتقل نکنید. اگر [حالت شکست] اثری روی سیستم یا کارخانه داشته باشد، آن حالت شکست برای ارزیابی اولویت به گام ۶ منتقل می شود. حالت های شکست با اولویت پایین به عنوان کاندیداهای کارکرد تا خرابی (RTF) انتخاب می شوند و در گام ۷ برای تصمیم نهایی در مورد RTF بررسی می شوند.

RTF به این معنی نیست که این قطعه یا دارایی بی اهمیت است؛ بلکه شکست اجزایی که مشمول RTF می شوند، پیامدهای قابل توجهی ندارد. تا زمانی که اینگونه قطعات بموقع به وضعیت عملیاتی برگردند، اهمیتی ندارد که قطعات خراب شامل RTF بلافاصله تعمیر می شوند یا نه.

شکل ۷.۸- ساختار تحلیل درخت منطقی

گام ۶: تحلیل درخت منطق (تصمیم گیری) (LTA). در مرحله شش، به دلیل این واقعیت که همه ی خرابی ها به یک اندازه مهم نیستند، باید اطلاعاتمان را بیشتر غربال کنیم تا روی آنچه که واقعاً مهم است متمرکز شویم.

درخت منطقی که در شکل ۷.۸ نشان داده شده، سه پرسش ساده را مطرح می کند که نیاز به پاسخ بله یا خیر دارند. نتیجه این است که هر حالت شکست در نهایت یک شاخص اهمیت در نظر گرفته می شود که مرتبه طبیعی اولویت را، که باید در تخصیص منابع از آن استفاده کنیم، تشکیل خواهد داد. برای برچسب گذاری روی حالت های شکست، کدگذاری زیر می تواند استفاده شود:

A – آیتم با اولویت بالا

B – آیتم دوم و مهم بعدی

C – آیتم اولویت پایین و ممکن است یک آیتم بدون PM در نظر گرفته شود

D – آیتم RTF

این سه پرسش به شرح زیر هستند:

۱. در شرایط عادی، آیا عملیات می داند که اتفاقی افتاده است؟

پرسش ۱ به دانش اپراتورها در مورد اینکه چیزی عادی نیست، در هنگام وقوع حالت شکست، نگاه می کند. لازم نیست که اپراتورها دقیقاً بدانند کدام حالت شکست رخ داده است. آنها ممکن است فوراً حالت شکست را شناسایی کنند. اگر آنها احساس ناهنجاری کنند، به دنبال پیدا کردن آنچه که اشتباه است، خواهند بود.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

این حالت یک حالت شکست آشکار^{۵۴} است. اگر اپراتورها به هیچ عنوان نسبت به وقوع ناهنجاری اطلاعی نداشته باشند، حالت شکست مخفی^{۵۵} است و در این نقطه برچسب "D" دریافت می کند.

۲. آیا این حالت شکست مشکل ایمنی/ایجاد می کند؟

سپس حالت شکست به پرسش ۲ در مورد مسایل احتمالی ایمنی یا محیط زیستی منتقل می شود. پاسخ بله به پرسش ۲، برچسب "A" را به حالت شکست اختصاص می دهد، که مرتبه اهمیت حالت شکست را در LTA به بالاترین سطح ممکن می رساند.

۳. آیا این حالت شکست به خاموشی کامل یا جزئی کارخانه منجر می شود؟

پرسش ۳ بررسی می کند که آیا حالت شکست ممکن است به خاموشی کارخانه (یا توقف تولید) منجر شود یا نه. پاسخ بله در اینجا منجر به برچسب "B" می شود؛ پاسخ خیر به طور پیش فرض، منجر به برچسب "C" می شود. برچسب "C" باعث می شود که حالت شکست به عنوان یکی از کم اهمیت ترین شکست های کارکردی در نظر گرفته شود.

در نتیجه، هر حالت شکستی که به گام ۶ منتقل شود، یکی از برچسب ها یا دسته بندی های زیر را دریافت می کند: A، B، C، D یا هر ترکیبی از اینها. هر حالت شکستی که برچسبش شامل A باشد، یک آئتم با بالاترین اولویت است؛ برچسب B، دومین و مهمترین آئتم اولویت را تشکیل می دهد؛ برچسب C در واقع یک حالت شکست با اولویت کمتر است، که در معنای کاربردی، احتمالاً مسأله مهمی برای تخصیص منابع نگهداشت پیشگیرانه نیست. همه حالت های شکست C و D/C، گزینه های خوبی برای RTF هستند. تمرکز اصلی باید روی برچسب های A و B باشد که در گام ۷ بررسی می شوند.

گام ۷: انتخاب فعالیت های نگهداشت. اصل چهارم RCM، یعنی "انتخاب فعالیت های نگهداشت

قابل اجرا و اثربخش برای حالت های شکست با اولویت بالا" در این مرحله بررسی قرار می شود.

در گام ۷، همه دانش تیم برای تعیین فعالیت های قابل اجرا و مقرون به صرفه ای استفاده می شود، که حالت های شکست و علت هایی را که در گام ۵ به هر قطعه یا تجهیز اختصاص داده ایم، حذف کرده، کاهش داده یا در مورد آنها به ما هشدار خواهند داد. تیم دوباره به سراغ حالت های شکستی که در ابتدا فکر می کردند روی کارکرد سیستم تأثیری ندارند، بازگشته، آنها را مجدداً ارزیابی می کند. در نهایت، تیم برنامه نگهداشت پیشنهادی جدید را با برنامه نگهداشت پیشین مقایسه و بررسی می کند که آیا برنامه بهبود یافته و بهینه شده است. گام ۷، شامل سه مرحله است که در این بخش در مورد آنها صحبت خواهیم کرد:

• انتخاب فعالیت ها

• بررسی قابلیت اجرا، منطقی و عقلانی بودن آنها

⁵⁴ evident failure mode

⁵⁵ hidden failure mode

• مقایسه فعالیت ها

- در انتخاب فعالیت ها، به پرسش های زیر پاسخ داده می شود:
- آیا رابطه سن و قابلیت اطمینان برای این نوع شکست مشخص است؟ اگر بله،
 - آیا هیچ فعالیت مبتنی بر زمان (TD) قابل انجامی وجود دارد؟ اگر بله،
 - آن فعالیت ها را مشخص کنید.
 - آیا هیچ فعالیت مبتنی بر وضعیتی (CD) وجود دارد؟ اگر بله،
 - آن فعالیت ها را مشخص کنید.
 - آیا یک رده "D" از حالت های شکست وجود دارد؟ اگر بله،
 - آیا هیچ فعالیت جستجوی شکست (FF) قابل انجامی وجود دارد؟ اگر بله،
 - آن فعالیت ها را مشخص کنید.
 - آیا هر کدام از این فعالیت ها ممکن است غیر اثربخش باشند؟ اگر خیر،
 - فعالیت های فوق را به عنوان فعالیت های TD، CD و FF نهایی کنید.
 - اگر ممکن است هیچ کدام از فعالیت ها اثربخش نباشد، آیا بهبود طراحی می تواند حالت شکست یا اثر را حذف کنند؟ اگر بله،
 - درخواست اصلاح طراحی را ارسال کنید.

انتخاب فعالیت یک موضوع کلیدی است که در این گام بررسی می شود. بسیار مهم است که اعضای تیم در این مرحله سوگیری⁵⁶ های گذشته خود را کنار بگذارند و از یک فرآیند نوآورانه و پویا برای پیشنهاد بهترین ایده های ممکن برای فعالیت های نگهداشت احتمالی استفاده کنند - حتی اگر برخی از پیشنهادها آنها در ابتدا کمی عجیب به نظر برسد. همچنین، شاید مفید باشد که از متخصصان نگهداشت پیش بینانه هم، در صورتی که در تیم نباشند، کمک بگیرید.

جنبه نهایی فرایند انتخاب فعالیت ها، بازبینی حالت های شکستی است که به عنوان کاندیدای RTF مشخص شده اند. بازبینی بخشی از فرآیند بررسی تناسب است تا اطمینان حاصل شود که همه فعالیت های انتخاب شده مناسب هستند. ما باید پیامدهای غیرکارکردی مرتبط را هم بررسی کنیم که ممکن است به دلایلی مانند هزینه بالا، مشکلات و تخلفات قانونی، احتمال شکست ثانویه، عوامل ضمانتی و بیمه ای، یا شرایط شکست پنهان، باعث تغییر تصمیم ما در مورد انتخاب استراتژی RTF شوند. تیم ممکن است تصمیم بگیرد که تصمیم RTF را به نفع یک فعالیت نگهداشت تغییر دهد، اگر به این اعتقاد برسد که پیامدهای بالقوه حالت شکست قابل توجه هستند.

آخرین مورد در فرآیند تحلیل سیستم RCM، پیش از پیاده سازی فعالیت های نگهداشت، مقایسه فعالیت ها است. در این مرحله، تیم آنچه را که مبتنی بر برنامه RCM پیشنهاد داده است، با برنامه نگهداشت

⁵⁶ bias

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

فعلی مقایسه می کند. این نخستین بار در کل این فرآیند است که تیم آگاهانه ساختار فعالیت های فعلی نگهداشت را با جزییات بررسی می کند.

سختی انجام مقایسه فعالیت ها به این دلیل است که فعالیت های نگهداشت مبتنی بر RCM با جزییات در سطح تجزیه و تحلیل حالت شکست توسعه داده شده اند، در حالی که فعالیت های نگهداشت فعلی در سطح قطعه نوشته شده اند. بنابراین، تحلیلگران باید از تجربه و قضاوت کارشناسی خود استفاده کنند تا فعالیت های نگهداشت فعلی را در ساختاری قرار دهند که برنامه های نگهداشت را در سطح حالت شکست مقایسه می کند. این در برخی موارد می تواند کمی دشوار بوده، نیاز به بررسی دقیق داشته باشد.

گام ۸: گردآوری و پیاده سازی فعالیت ها. گام ۸، گردآوری و پیاده سازی فعالیت ها، یکی از گام های حیاتی برای دستیابی به مزایای تجزیه و تحلیل RCM است. معمولاً انجام موفقیت آمیز این مرحله بسیار دشوار است. در واقع، اکثر شکست های RCM در طول این مرحله رخ می دهند و نتایج تجزیه و تحلیل بدون استفاده داخل قفسه قرار داده می شوند. با این حال، اگر اعضای تیم از همه حوزه های حیاتی انتخاب شده و به طور فعال در آن شرکت کرده باشند، پیاده سازی برنامه به آرامی انجام شده، با موفقیت پایان خواهد یافت.

مرحله نهایی پیاده سازی، نوشتن رویه های انجام فعالیت ها است. در این مرحله نتایج تجزیه و تحلیل به صورت دستورالعمل هایی قابل اجرا به تیم های عملیات و نگهداشت، از جمله تکنسین های CBM/PdM، ارائه می شود. اگر کار، چندمهارتی (مهارت های چند رشته ای) باشد، ممکن است لازم باشد برای هر گروه، دستورالعمل جداگانه ای نوشته شود. با این حال، هماهنگی بین رشته ها باید بخشی از هر دستورالعمل باشد. با این حال، همیشه مفید و مؤثر است که تیم های چند مهارتی به انجام کارهای چند رشته ای بپردازند. در بیشتر موارد، این دستورالعمل ها در CMMS نگهداری شده، براساس برنامه زمان بندی صادر شده یا براساس داده های CBM صادر می شوند. شکل ۸.۸ فهرستی از مواردی را نشان می دهد که می توانند بخشی از دستورالعمل های خوب نگهداشت باشند.

نمونه دستورالعمل کار نگهداشت پیشگیرانه	
۱. عنوان دستورالعمل:	کمپرسور شماره xx - منطقه XY
۲. شماره دستورالعمل:	PM XXXXX
۳. فاصله زمانی انجام کار:	۶ ماه / ۱۰۰۰ ساعت عملیات
۴. اولویت:	کم، متوسط، زیاد یا X، براساس طرح اولویت بندی سازمان
۵. برآورد ساعت براساس مهارت:	مکانیک ۲۰، برق ۱۰، مجموع = ۳۰
۶. ساعت های واقعی:	مکانیک ۱۸، برق ۲۰، نفرات ۴، در مجموع ۳۴ (پس از تکمیل کار وارد شده اند)

۷. نام و شماره شناسایی قطعه	
۸. شماره تماس:	برنامه ریز #: مهندس سیستم #
۹. دستورالعمل های خاص ایمنی:	جزییات قفل کردن / برچسب زدن و مجوزهای ترخیص
۱۰. نیاز به ابزارهای خاص	
۱۱. نیازهای پشتیبانی حمل و نقل مواد	
۱۲. اهداف کار	
۱۳. جزییات کار – گام ها	
۱۴. لیست قطعات / قطعات یدکی مورد نیاز	
۱۵. لیست شرایط شروع کار	
۱۶. کار انجام شده	
۱۷. داده های اندازه گیری آزمون پس از نگهداشت	
۱۸. سایر مشاهده ها	

شکل ۸.۸- نمونه دستورالعمل نگهداشت پیشگیرانه

یادداشت ها: آیا امکان بهبود اثربخشی این PM وجود دارد؟ خیر / بله، و چگونه؟

گام ۹: تبدیل برنامه به یک برنامه پویا - بهبودهای مستمر. اجرای RCM یک رویداد یکباره نیست، بلکه یک سفر است. RCM یک تغییر پارادایم در شیوه نگاه و اجرای نگهداشت است. برنامه نگهداشت مبتنی بر RCM باید به صورت مداوم بازبینی و بروزرسانی شود. یک برنامه RCM پویا شامل موارد زیر است:

- اعتبارسنجی برنامه موجود - تصمیمات نگهداشت گرفته شده مناسب هستند
- بررسی تاریخچه شکست فعلی و ارزیابی فعالیت های نگهداشت و اثربخشی آنها
- در صورت نیاز، تنظیم مجدد برنامه نگهداشت

یک برنامه RCM پویا، بهبود مستمر و مقرون به صرفه نگهداشت و عملیات سازمان را تضمین می کند. همچنین، ما باید تعدادی معیارهای سنجش اثربخش برای شناخت وضعیت برنامه تعیین کنیم.

دیگر فرایندهای RCM

تعدادی از مشتقات RCM از جمله RCM ++، RCM هزینه، RCM توربو، RCM مقاوم⁵⁷، RCM ساده⁵⁸، VRCM، مختصر شده و مبتنی بر تجربه هستند. همه این مشتقات به اجرای مقرون به صرفه RCM کمک می کنند. بیشتر آنها تعدادی میانبر دارند – بعضی از گام ها را حذف می کنند، تنها تعداد محدودی از حالت های شکست را در نظر می گیرند، یا با استفاده از نرم افزار فرآیند را خودکارسازی می کنند تا زمان لازم برای تکمیل تجزیه و تحلیل را کاهش دهند. علاوه بر این، برنامه های نرم افزاری RCM نیز مانند نرم افزار جی ام اس⁵⁹، ایزوگراف⁶⁰، رلیاسافت⁶¹، ریلکس⁶² و دیگران در دسترس هستند. این برنامه ها به کاهش زمان لازم برای انجام تجزیه و تحلیل RCM کمک می کنند.

مزایای RCM

- **قابلیت اطمینان:** هدف اصلی RCM بهبود قابلیت اطمینان و دسترسی دارایی بصورت مقرون به صرفه است. این بهبود از طریق بررسی مداوم برنامه نگهداشت موجود و بهبود ارتباطات بین سرپرستان نگهداشت و مدیران، کارکنان عملیات، تکنیسین های مکانیک، برنامه ریزها، طراحان و تولیدکنندگان تجهیزات ایجاد می شود. ارتباط بهبود یافته یک حلقه بازخورد از نیروهای فنی نگهداشت تا تولیدکنندگان تجهیزات ایجاد می کند.
- **هزینه:** به دلیل سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز برای تأمین ابزارهای فناورانه، آموزش و شرایط پایه ای تجهیزات، برنامه RCM جدید معمولاً در کوتاه مدت منجر به افزایش هزینه نگهداشت می شود. افزایش هزینه به نسبت کوتاه مدت است. هزینه نگهداشت واکنشی با پیشگیری از شکست ها و جایگزینی فعالیت های نگهداشت پیشگیرانه با پایش وضعیت کاهش می یابد. اثر خالص آن کاهش نگهداشت واکنشی و کاهش هزینه های کل نگهداشت است.
- **مستندسازی:** یکی از مزایای کلیدی تجزیه و تحلیل RCM، درک و مستندسازی ویژگی های کلیدی عملیات و نگهداشت، حالت های شکست، اساس فعالیت های PM، نقشه ها و کتابچه های راهنمای مربوطه و غیره است. مستندات تولید شده می تواند برای کارکنان جدید عملیات و نگهداشت به عنوان مواد آموزشی مفید باشد.

⁵⁷ RCM backfit

⁵⁸ RCM streamline

⁵⁹ JMS software

⁶⁰ Isograph

⁶¹ ReliaSoft

⁶² Relex

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

• **تعویض تجهیزات / قطعات:** یکی دیگر از مزایای RCM این است که این روش بیشترین استفاده را از تجهیزات یا سیستم‌ها می‌کند. با RCM، تعویض تجهیزات براساس شرایط آنها، نه براساس تقویم، انجام می‌شود. این رویکرد مبتنی بر وضعیت به نگهداشت، عمر سازمان و تجهیزات آن را زیاد می‌کند.

• **کارایی / بهره‌وری:** ایمنی اولویت اصلی RCM است. دومین اولویت مهم، اثربخشی هزینه ای است، که با در نظر گرفتن اولویت یا اهمیت عملیاتی و سپس تطبیق سطح هزینه مناسب با آن، به دست می‌آید. انعطاف پذیری رویکرد RCM به نگهداشت، تضمین می‌کند که نوع مناسب نگهداشت در زمان نیاز انجام شود. نگهداشتی که مقرون به صرفه نیست، شناسایی شده، انجام نمی‌شود.

به طور خلاصه، رویکرد چندوجهی RCM بهینه ترین استفاده از منابع را ترویج می‌کند. نگهداشت تجهیزات بر مبنای ویژگی‌هایشان و پیامدهای شکست آنها، وقتی که لازم باشد، انجام می‌شود.

اثر RCM بر چرخه عمر تأسیسات

RCM باید در طول چرخه عمر یک تأسیسات مورد توجه باشد، تا به حداکثر اثربخشی برسد. چهار فاز اصلی چرخه عمر یک تأسیسات عبارتند از:

۱. برنامه‌ریزی (مفهوم)

۲. طراحی و ساخت

۳. بهره برداری و نگهداشت

۴. اسقاط

مطالعات بسیاری نشان داده است که حدود ۸۰٪ یا بیشتر هزینه چرخه عمر یک تأسیسات در فازهای برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت صرف می‌شود. مراحل بعدی شامل حدود ۲۰٪ یا بیشتر از هزینه چرخه عمر هستند. بنابراین، تصمیم برای اجرای RCM در یک تأسیسات، شامل پایش وضعیت، تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی هزینه چرخه عمر آن خواهد داشت. این تصمیم بهتر است در فاز برنامه‌ریزی و طراحی گرفته شود. اگر RCM در فازهای بعدی چرخه عمر انجام شود، رسیدن به حداکثر سود ممکن از برنامه، سخت‌تر خواهد شد.

یک برنامه RCM متعادل، اگرچه تأثیر نسبتاً کوچکی بر هزینه کل چرخه عمر دارد، هنوز قادر است در فاز بهره برداری و نگهداشت، صرفه‌جویی ۱۰ تا ۳۰٪ در بودجه نگهداشت سالانه تأسیسات ایجاد کند.

۵.۸ استراتژی نگهداشت – CBM

فناوری های CBM / PdM

آغاز نگهداشت مبتنی بر وضعیت (CBM) – که نگهداشت پیش بینانه⁶³ یا PdM هم نامیده می شود – ممکن است زمانی بوده باشد که یک مکانیک برای نخستین بار گوش خود را به دسته یک پیچ گوشتی چسباند، سر دیگر پیچ گوشتی را روی یک دستگاه قرار داد و تشخیص داد که صدای آن شبیه به صدای یک بیرینگ معیوب است. از آن زمان ما مسیر طولانی را طی کرده ایم و فناوری های متنوعی برای تجزیه و تحلیل آنچه داخل دارایی اتفاق می افتد، توسعه داده شده اند. با این حال، نیاز به یک شخص بادانش و مجرب برای استفاده از فناوری تغییر نکرده است. امروزه، مانند ابتدای کار، نگهداشت پیش بینانه موفق، ترکیبی از انسان و فناوری است.

پیشرفت های اخیر در فناوری، CBM را به واقعیت تبدیل کرده است – دسترسی آسان به قدرت محاسباتی ارزان برای جمع آوری، ذخیره و تجزیه و تحلیل داده ها CBM را ممکن ساخته است. براساس برخی بررسی ها، در حال حاضر بیش از ۳۰ فناوری برای نگهداشت مبتنی بر وضعیت استفاده می شوند. ممکن است برخی افراد بر این باور باشند که بسیاری از این فناوری ها تنها تفاوت های کمی با هم دارند. این بخش به بررسی برخی از معروف ترین فناوری های CBM / PdM می پردازد.

هر برنامه نگهداشت مبتنی بر وضعیتی می تواند ترکیبی از این سه فاز باشد:

- نظارت – پایش وضعیت دستگاه برای شناسایی مشکلات در مراحل اولیه
- تشخیص / پیش بینی – مشخص کردن علت مشکل و توسعه برنامه اقدام اصلاحی براساس وضعیت تجهیز و عمر باقیمانده آن
- درمان – اجرای اقدامات اصلاحی

جمع آوری داده های دقیق و پایدار، برای هر سه فاز ضروری است.

تجزیه و تحلیل داده ها، جایی است که دانش و تجربه کارکنان نگهداشت بیشترین اهمیت را دارد. تحلیل داده عموماً نیاز به آموزش فراوان نه تنها در تکنیک های تحلیل، بلکه در استفاده از سخت افزارها و نرم افزارهای خاص دارد.

پایش وضعیت و جمع آوری داده ها

پایش وضعیت اصولاً از فناوری های آزمون غیرتهاجمی (غیرمخرب)، بازرسی چشمی و داده های عملکرد برای ارزیابی وضعیت دستگاه استفاده می کند. این استراتژی، فعالیت های نگهداشت مبتنی بر زمان را با فعالیت های نگهداشتی جایگزین می کند که تنها در صورت لزوم براساس وضعیت تجهیز انجام می شوند.

⁶³ Predictive Maintenance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تجزیه و تحلیل پیوسته وضعیت دارایی، امکان می دهد که برنامه ریزی و زمان بندی نگهداشت یا تعمیرات، از قبل و پیش از شکست کارکردی یا وقوع خرابی فاجعه آمیز انجام شود.

جمع آوری داده ها

داده های وضعیت دارایی اساساً به دو روش زیر جمع آوری می شوند:

۱. قرائت های نقطه ای – براساس مسیر با ابزار قابل حمل
۲. تجهیزات جمع آوری داده دائمی، برای جمع آوری پیوسته و برخط^{۶۴} داده ها

به طور کلی، قرائت نقطه ای اطلاعات کافی برای تصمیم گیری درباره نگهداشت دارایی ها فراهم می کند. معمولاً زوال^{۶۵} دارایی ها آن قدر سریع نیست که نیاز به گزارش "لحظه ای" داده ها با استفاده از سیستم گردآوری داده^{۶۶} دائمی وجود داشته باشد. تکنیسین نگهداشت یا یک CMMS معمولاً می تواند برگه سوابق^{۶۷} این قرائت های نقطه ای را نگهداری کرده، با استفاده از آنها نمودار روند تغییرات پارامترها را تهیه کنند.

نصب تجهیزات دائمی پایش وضعیت هزینه بسیار بیشتری دارد و تجزیه و تحلیل و نگهداری پایگاه داده های ایجاد شده هم هزینه دارد. به طور معمول، سیستم های جمع آوری داده دائمی تنها روی دارایی های حساس و گران قیمت و سیستم های مورد استفاده در فرآیندهای تولید نصب می شوند. اگر این سیستم ها خراب شوند و کار نکنند، ممکن است "هزینه لحظه به لحظه" ایجاد کنند.

طیف متنوعی از فناوری ها برای ارزیابی وضعیت سیستم ها و تجهیزات و تعیین اثربخش ترین زمان برای نگهداشت برنامه ریزی شده در دسترس است. برخی از فناوری های کلیدی در این بخش معرفی شده، مفاهیم اساسی در مورد شیوه عملکرد فناوری، هدف استفاده از آن و کاربردهای قابل قبول آن بررسی می شوند.

داده های جمع آوری شده به یکی از روش های زیر برای تعیین وضعیت دارایی و شناسایی شکست در مراحل ابتدایی استفاده می شوند:

- **تحلیل روند:** این روش داده ها را بازبینی می کند تا ببیند که آیا یک دارایی به طور آشکار و فوری در حال سقوط به سمت شکست هست یا نه. این روش شامل تشخیص تغییرات داده ها نسبت به داده های پیشین یا داده های مبنا در دارایی های مشابه است.

⁶⁴ online

⁶⁵ degradation

⁶⁶ data acquisition

⁶⁷ log

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

• **شناسایی الگو:** این روش داده‌ها را بازبینی می‌کند تا هرگونه ارتباط علی بین رویدادهای خاص و شکست دارایی را شناسایی کند. به عنوان مثال، ممکن است متوجه شویم که پس از استفاده از دارایی X در یک عملیات تولید مشخص، قطعه Y به دلیل تنش‌های ناشی از آن دچار شکست می‌شود. این روش انحراف‌های ایجاد شده از الگوهای موجود را شناسایی می‌کند.

• **تحلیل همبستگی^{۶۸}:** این رویکرد داده‌های حاصل از چندین منبع، فناوری‌های مرتبط یا تحلیلگران مختلف را مقایسه می‌کند.

• **آزمایش‌های محدودیت‌ها و محدوده‌ها:** این آزمایش‌ها محدودیت‌های هشدار را تنظیم کرده، کنترل می‌کنند که آیا آنها از حد مجاز تجاوز کرده‌اند یا خیر.

• **تحلیل فرایند آماری:** این تحلیل از تکنیک‌های آماری برای شناسایی انحراف‌ها از هنجارها و قواعد استفاده می‌کند.

اگر داده‌های شکست منتشر شده در مورد یک دارایی یا قطعه خاص وجود داشته باشد، می‌توانیم از مقایسه داده‌های شکست جمع‌آوری شده در محل با این داده‌های منتشر شده برای تأیید یا رد داده‌ها استفاده کنیم.

چندین فناوری CBM برای ارزیابی وضعیت یک دارایی یا سیستم وجود دارد. در برخی موارد، چندین فناوری با هم استفاده می‌شوند تا تصویر دقیق‌تری از وضعیت دارایی به دست آید. به عنوان مثال، برای به دست آوردن تصویر کاملی از یک سیستم آب خنک‌کن، CBM می‌تواند برای جمع‌آوری داده‌های زیر استفاده شود:

دبی. دبی آب با استفاده از حسگرهای جریان دقیق و غیر مزاحم اندازه‌گیری می‌شود.

دما. اختلاف دما برای تعیین ضرایب انتقال حرارت و نشان دادن احتمال رسوب و گرفتگی در لوله‌های مبدل‌های حرارتی اندازه‌گیری می‌شود.

فشار. اختلاف فشارها در سراسر پمپ و لوله‌کشی اندازه‌گیری می‌شود تا عملکرد پمپ و وضعیت لوله‌ها تعیین شود.

برقی. آزمایش برخط و برون خط^{۶۹} برای سنجش وضعیت موتور استفاده می‌شود.

ارتعاش. پایش ارتعاش برای سنجش وضعیت تجهیزات دوار، به ویژه کمپرسورها، پمپ‌ها و موتورهای استفاده می‌شود. به علاوه، مشکلات سازه‌ای از طریق تست تشدید^{۷۰} و آزمون مدل^{۷۱} شناسایی می‌شوند.

⁶⁸ Correlation Analysis

⁶⁹ offline

⁷⁰ resonance

⁷¹ model testing

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

آزمون فراصوتی^{۷۲}. از آزمون فراصوتی برای تعیین ضخامت دیواره لوله و بررسی سایش و خوردگی استفاده می شود. همچنین این روش برای بررسی نشتی در لوله ها استفاده می شود.

آزمایش فراصوتی هوایی^{۷۳}. فراصوت هوایی نشتی هوا از لوله کشی و پمپ های سیستم کنترل را نشان می دهد.

آنالیز روغن. تجزیه و تحلیل وضعیت روغن و ذرات فرسایشی برای شناسایی مشکلات روانکار و بررسی همبستگی آن مشکلات با ارتعاش، هنگامی که غلظت ذرات حاصل از فرسایش از حدود تعیین شده تجاوز می کند، استفاده می شود.

ترموگرافی مادون قرمز. اسکن ترموگرافی برای شناسایی دماهای بالا در سیستم کنترل موتور و جعبه تقسیم های برق استفاده می شود. دمای بالا نشانه ای از لقی در اتصالات، اتصال کوتاه یا خرابی عایق است. عایق لوله کشی هم با استفاده از این روش برای تشخیص منافذ احتمالی بررسی می شود. دماهای بالا نشان دهنده وجود مشکل در عایق لوله کشی هستند.

تحلیل ارتعاشات

پایش ارتعاشات اغلب به عنوان "پدربزرگ" نگهداشت مبتنی بر وضعیت / پیش بینانه شناخته شده، و اساس برنامه های CBM اکثر تأسیسات است.

ارتعاش معمولاً نشان دهنده وجود مشکل در دستگاه است. دستگاه ها و سازه ها در به پاسخ به یک یا چند نیروی تپشی^{۷۴} ارتعاش می کنند، که ممکن است به دلیل نابالانسی، ناهمراستایی^{۷۵} و غیره باشد. بزرگی ارتعاش به نیرو و ویژگی های سیستم وابسته است، هر دوی آنها ممکن است به سرعت وابسته باشند.

چهار ویژگی بنیادین ارتعاش عبارتند از: فرکانس، دوره زمانی، دامنه^{۷۶}، و فاز. فرکانس تعداد چرخه در هر واحد زمان است و به صورت تعداد چرخه در دقیقه (CPM) یا چرخه در ثانیه (Hz) بیان می شود. دوره زمان مورد نیاز برای تکمیل یک چرخه ارتعاش است. دوره معکوس فرکانس است. دامنه حداکثر مقدار ارتعاش در یک محل مشخص از دستگاه است. فاز رابطه زمانی بین ارتعاش های هم فرکانس است و با درجه اندازه گیری می شود.

سه معیار کلیدی برای ارزیابی بزرگی ارتعاش عبارتند از:

- جابجایی
- سرعت

⁷² Ultrasonic

⁷³ Airborne Ultrasonic Testing

⁷⁴ pulsating force

⁷⁵ misalignment

⁷⁶ amplitude

• شتاب

واحدها و توضیح این معیارها در شکل ۹.۸ نشان داده شده است. اندازه گیری جابجایی در فرکانس پایین مهم است و به دلیل تنش های اجزای انعطاف پذیر دستگاه ایجاد می شود. معمولاً با میلز^{۷۷} (هزارم اینچ) ماکزیمم تا ماکزیمم (قله به قله^{۷۸}) بیان می شود. جابجایی برای ارتعاش فرکانس پایین، معمولاً کمتر از ۲۰ هرتز، یک معیار خوب است. سرعت، نرخ تغییر زمانی جابجایی است. سرعت هم به جابجایی و هم به فرکانس وابسته است. سرعت با ویژگی های خستگی^{۷۹} دستگاه مرتبط است. جابجایی و فرکانس بزرگتر ارتعاش به طور مستقیم با شدت بیشتر ارتعاش دستگاه در محل اندازه گیری مرتبط است. سرعت عموماً برای ارزیابی وضعیت دستگاه در دامنه فرکانس ۱۰ تا ۱۰۰۰ هرتز استفاده می شود. شتاب معیار اصلی در فرکانس های بالاتر و بیشتر از ۱۰۰۰ هرتز است. شتاب با نیروی وارد بر اجزای دستگاه مانند دنده ها و کوپلینگ ها متناسب است. هم سرعت و هم شتاب در قله بیان می شوند.

معیار سنجش	واحدها	شرح
جابجایی	میلز (قله به قله)	حرکت دستگاه، سازه یا روتور – به تنش مربوط است
سرعت	in/sec	نرخ حرکت، معمولاً به خستگی اجزای ماشین مربوط است
شتاب	g's یا in/sec ²	به نیروهای داخل اجزای دستگاه مربوط است
1 mil = 0.001 inch – 1g = 386.1 inches/sec		

شکل ۹.۸ – اندازه گیری ارتعاشات

سرعت و شتاب براساس فرمول های زیر محاسبه می شوند:

$$V = 2\pi fd$$

$$A = 2\pi fV = (2\pi f)^2 d$$

که در آن:

$$V = \text{سرعت}$$

$$A = \text{شتاب}$$

$$f = \text{فرکانس بر حسب چرخه در ثانیه}$$

$$d = \text{جابجایی قله}$$

⁷⁷ mils

⁷⁸ peak to peak

⁷⁹ fatigue

پایش ارتعاش دستگاه‌ها می‌تواند همبستگی مستقیمی بین وضعیت مکانیکی و داده‌های ارتعاش ثبت شده هر دستگاه در کارخانه فراهم کند. این داده‌ها می‌توانند تخریب اجزای دستگاه یا حالت شکست دارایی های کارخانه را، پیش از وقوع خرابی جدی، شناسایی کنند.

پایش روند تغییرات ارتعاشات بر این فرض کار می‌کند که هر دستگاه دارای اثر یک ارتعاشی طبیعی است. این اثر هنگامی که دستگاه در وضعیت کاری خوب باشد، قابل اندازه‌گیری است و اندازه‌گیری‌های بعدی می‌توانند با آنچه که به عنوان ارتعاش طبیعی در نظر گرفته می‌شود، مقایسه شوند. با فرسایش و افزایش عمر قطعه، طیف ارتعاش تغییر می‌کند. تجزیه و تحلیل این تغییرات، قطعاتی را شناسایی می‌کند که نیاز به پایش بیشتر، تعمیر یا تعویض دارند.

با چند استثنا، مشکلات مکانیکی در یک تجهیز دوار، ارتعاش ایجاد می‌کنند. مشکلات معمولی که ارتعاش تولید می‌کنند، عبارتند از:

- نابالانسی اجزای دوار
- ناهمراستایی کوپلینگ‌ها و بیرینگ‌ها
- شفت‌های خمیده
- قطعات فرسوده، غیر هم‌مرکز یا آسیب دیده
- تسمه‌ها یا زنجیرهای محرک معیوب
- بیرینگ‌های خراب / معیوب
- لقی‌ها
- اصطکاک
- نیروهای آیرودینامیک و دیگر نیروها

تحت شرایط تنش دینامیکی، جابجایی به تنهایی ممکن است نشانگر بهتری برای شدت تنش باشد، به‌ویژه هنگامی که اجزای دارایی ویژگی تردی⁸⁰ از خود نشان دهند – تمایل به شکستن یا گسیختگی، هنگامی تحت تنشی فراتر از یک حد مشخص قرار می‌گیرد. دستگاهی را در نظر بگیرید که به آرامی در حال دوران با سرعت ۶۰ دور در دقیقه است و در اثر نابالانسی روتور، ارتعاشی به اندازه ۲۰ میلز جابجایی قله به قله ایجاد می‌کند. سرعت ارتعاش، ۲۰ میلز در (۱ Hz) ۶۰ CPM تنها ۰.۰۶۲۸ اینچ بر ثانیه [$V = 2$ $0.0628 = (0.02 / 2) (1) (3.14)$] است. این سطح سرعت ارتعاشی برای دستگاه‌های عمومی خوب در نظر گرفته می‌شود و دلیلی برای نگرانی فوری ندارد. با این حال، به خاطر داشته باشید که بیرینگ این دستگاه ۲۰ میلز جابجا شده است. در این شرایط، ممکن است خستگی به دلیل تنش (ناشی از جابجایی) به جای خستگی (ناشی از سرعت جابجایی) رخ دهد.

⁸⁰ brittleness

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

به طور کلی، مفیدترین روش نمایش داده‌های ارتعاش، نموداری است که شتاب ارتعاش (بر حسب اینچ بر ثانیه) را در محور عمودی و فرکانس را در محور افقی نشان می‌دهد. با تحلیل این داده‌ها، یک تکنیسین آموزش دیده ارتعاشات می‌تواند مشکلات موجود را تشخیص دهد. تکنیسین آموزش دیده می‌تواند یاد بگیرد که اثرات ارتعاش را بخواند و بفهمد که قله‌های مختلف در بازه‌های فرکانسی مختلف چه چیزی را نشان می‌دهند. به عنوان مثال، هنگام تحلیل یک موتور پمپ با سرعت ۳۵۸۰ دور در دقیقه، قله‌ای در ۳۵۸۰ دور در دقیقه به طور کلی نشانگر نوعی نابالانسی جرمی است. یک قله در ۷۱۶۰ دور در دقیقه (دو برابر فرکانس دوران) به طور کلی نشانگر یک شفت خمیده است.

همه تجهیزات دوار مقدار مشخصی ارتعاش را نشان می‌دهند. پرسش این است که "چه مقدار ارتعاش خیلی زیاد است؟" اعداد واقع بینانه ای برای انتخاب یک حد ارتعاشی که در صورت بیشتر شدن، باعث شکست فوری دستگاه می‌شود، وجود ندارد. رویدادهای مربوط به توسعه شکست مکانیکی بسیار پیچیده تر از آن هستند که بتوان محدوده‌های قابل اطمینانی برای آنها تعیین کرد. با این حال، چندین راهنمای عمومی در طول سال‌ها توسعه یافته اند که می‌توانند به عنوان نشانگر کلی وضعیت یک ماشین، استفاده شوند. برخی از شرکت‌های تولید کننده و تأمین کننده تجهیزات ارتعاش می‌توانند این راهنماها و درس آموخته‌ها را ارائه دهند.

شکل ۱۰.۸ لیست فرکانس‌های اجباری مرتبط با دستگاه‌ها را به عنوان یک راهنما برای منابع احتمالی عیب نشان می‌دهد.

منبع – علت عیب	فرکانس (چندین RPM)
بیرینگ‌های ضداصلطک‌اکی	فرکانس‌های بیرینگ
شفت نامتقارن	فرکانس 2X
شفت خمیده	1X
پره‌ها و تیغه‌ها (m)	mX
اعوجاج پوسته ^{۸۱} و پایه (فونداسیون)	1X
کوپلینگ‌ها (m دندان)	mX
دنده‌ها (n دندان)	nX
مکانیزم ضربه	چندین فرکانس – وابسته به شکل موج
نابالانسی جرمی	فرکانس 1X
ناهمراستایی	1X و 2X
لقی مکانیکی	ضرایب زوج X (2X, 4X, ...)

شکل ۱۰.۸ – فرکانس‌های اجباری مرتبط با دستگاه‌ها

انواع تحلیل ارتعاشات

⁸¹ casing

• **روند باند پهن**^{۸۲} باند پهن یا مقدار ارتعاشی کاملی فراهم می کند که میزان ارتعاش کل دستگاه در نقطه اندازه گیری خاصی را نشان می دهد که داده ها در آنجا به دست آمده است. این روش اطلاعاتی در مورد خود اجزای فرکانسی یا دینامیک دستگاهی که عدد ارتعاشی آن اندازه گیری شده، ارائه نمی دهد. داده های جمع آوری شده یا با اطلاعات مبنایی که زمانی که دستگاه جدید بود (یا گاهی اطلاعات یک دستگاه جدید و مشابه) گرفته شده، یا با نمودارهای شدت ارتعاش مقایسه می شود تا وضعیت نسبی دستگاه تعیین شود.

• **روند باند باریک**^{۸۳}. پایش انرژی کل برای یک پهنای باند خاص از فرکانس های ارتعاشی را نشان می دهد و بنابراین اختصاصی تر است. تحلیل باند باریک از فرکانس هایی استفاده می کند که نشان دهنده اجزای خاصی از دستگاه یا حالت های شکست خاصی هستند. تحلیل ارتعاشی باند باریک، می تواند هشدار پیش از خرابی را چند هفته یا ماه زودتر اعلام کند. فرکانس های ارتعاشی مختلف شکست های بالقوه مختلفی را پیش بینی می کنند.

• **تحلیل اثر**^{۸۴}. این روش، یک نمایش تصویری از هر جزء فرکانسی است که توسط یک دستگاه تولید شده است. با آموزش و تجربه مناسب، کارکنان کارخانه می توانند از اثر ارتعاشی برای تعیین نیازهای خاص نگهداشت در دستگاهی که مورد مطالعه قرار گرفته، استفاده کنند.

هنگام برپایی یک برنامه پایش ارتعاشات با استفاده از وسایل اندازه گیری دستی، لازم است اطمینان حاصل شود که اندازه گیری ها به طور یکسان انجام می شوند. اندکی انحراف در محل اندازه گیری روی ماشین آلات می تواند صحت آن را به طور قابل توجهی تغییر دهد. این مسأله به ویژه زمانی مشکل ایجاد می کند که چندین تکنیسین در زمان های مختلف روی یک دستگاه یکسان اندازه گیری می کنند. پایش ارتعاشات، اگر توسط یک حرفه ای آموزش دیده انجام شود، می تواند اطلاعاتی در مورد: فرسایش، نابالانسی، ناهمراستایی، لقی مکانیکی، خرابی بیرینگ، عیوب تسنمه های انتقال قدرت، شفت خمیده، عیوب قرقره و پولی، خرابی دنده، اختلال جریان، کاویتاسیون، تشدید در سازه و خستگی مواد فراهم کند. **دوره زمانی اندازه گیری / میزان داده جمع آوری شده.** فرکانس جمع آوری داده به نوع دستگاه و دسته بندی شکست بستگی دارد. معمولاً قرائت نقطه ای ارتعاشات دارایی ها، با تجهیزات پایش ارتعاش دستی، در هر ماه، هر سه ماه یا هر ۵۰۰ ساعت کارکرد، هشدار کافی از مشکلات آتی تجهیز را فراهم می کند. تجهیزات دوار، مانند فن ها و پمپ ها، معمولاً آن قدر سریع مستهلک نمی شوند که جمع آوری داده لحظه ای و پیوسته را توجیه پذیر کنند. با این حال، ممکن است جمع آوری داده لحظه ای و پیوسته برای دارایی های حیاتی و گران قیمت توجیه پذیر باشد.

⁸² Broadband trending

⁸³ Narrowband trending

⁸⁴ Signature analysis

تحلیل طیف^{۸۵} و تحلیل شکل موج^{۸۶}. تحلیل طیف، پرکاربردترین روش برای عیب یابی دستگاهها است. در این نوع تحلیل، تکنیسین ارتعاشات روی تحلیل "تکه‌های" خاصی از داده‌های ارتعاشی گرفته شده روی محدوده خاصی از CPM تمرکز می‌کند. تحلیل طیف می‌تواند اکثر شکست های تجهیزات دوار (در اثر تخریب مکانیکی) را پیش از وقوع شکست شناسایی کند. تحلیل شکل موج یا تحلیل دامنه زمانی^{۸۷}، یک ابزار تحلیلی بسیار ارزشمند دیگر است. اگرچه به اندازه تحلیل طیف پرکاربرد نیست، ولی معمولاً شکل موج به تحلیل‌گر در تشخیص صحیح تر مشکل کمک می‌کند.

تحلیل پالس شوک^{۸۸}. این نوع تحلیل برای تشخیص ضربات ناشی از تماس بین سطح ساچمه^{۸۹} یا غلتک^{۹۰} و مسیر غلتش^{۹۱} آنها در طول دوران بیرینگ‌های ضد اصطکاکی استفاده می‌شود. بزرگی این پالس‌ها به شرایط سطح و سرعت زاویه‌ای بیرینگ (RPM و قطر) بستگی دارد. انرژی جهش^{۹۲} در تئوری مشابه پالس شوک است.

همراستایی^{۹۳}. ناهمراستایی تجهیزات دارای شفت نه تنها باعث کارکرد ناقص تجهیزات یا خرابی آنها می‌شود؛ بلکه ممکن است نشانگر مشکلات دیگری هم باشد. کنترل و تنظیم همراستایی قبلاً یک فرآیند بسیار کند بود. ظهور سیستم‌های همراستاساز لیزری زمان کار نیروی انسانی را به بیش از نصف کاهش داده و دقت را به طور قابل توجهی افزایش داده است.

همراستا سازی مناسب شافت‌ها یکی از علل اصلی ارتعاش در ماشین‌های دوار را حذف می‌کند و عمر بیرینگ را هم به طرز چشمگیری افزایش می‌دهد. با کمترین میزان کار مورد نیاز، بازگشت سرمایه بسیار بزرگ است.

تجهیزات ارتعاش سنجی. برای جمع آوری دائمی داده‌ها، سیستم‌های تحلیل ارتعاشی شامل اجزای زیر هستند: جمع‌آوری‌کننده های داده مبتنی بر میکروپروسسور، حسگرهای ارتعاشی، دیسک‌های صوتی نصب شده روی تجهیزات و یک کامپیوتر شخصی میزبان با نرم‌افزار مناسب برای تحلیل روندها، تعیین نقاط خطر و هشدار و کمک به عیب یابی. جمع‌آوری‌کننده‌های داده دستی قابل حمل شامل یک دستگاه جمع‌آوری داده به اندازه یک کامپیوتر کوچک دستی و یک دستگاه حسگر مغناطیسی هستند. اثربخشی پایش ارتعاشات بستگی به حسگر نصب شده، تفکیک پذیری^{۹۴} سیگنال، پیچیدگی ماشین، تکنیک های جمع آوری داده و توانایی تحلیل‌گر دارد. این عامل آخر، توانایی تحلیل‌گر، احتمالاً مهمترین

⁸⁵ Spectrum analysis

⁸⁶ Waveform analysis

⁸⁷ time domain analysis

⁸⁸ Shock pulse analysis

⁸⁹ ball

⁹⁰ roller

⁹¹ raceway

⁹² spike energy

⁹³ Alignment

⁹⁴ resolution

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

جنبه برای برقراری یک برنامه پایش ارتعاشی اثربخش است. تحلیل گر باید کسی باشد که دانش کاملی از نظریه ارتعاشات و تجربه‌ی میدانی گسترده برای عیب یابی صحیح با استفاده از داده‌های ارتعاش به‌دست آمده داشته باشد.

ترموگرافی مادون قرمز

به عنوان یکی از فناوری های متنوع موجود نگهداشت مبتنی بر وضعیت، ترموگرافی مادون قرمز برای مطالعه هر چیزی از قطعات تجهیزات تا سیستم‌های کارخانه، سقف‌ها و حتی ساختمان‌های کامل استفاده می شود.

بازرسی‌های مادون قرمز می‌توانند کیفی یا کمی باشند. بازرسی کیفی به تفاوت‌های نسبی، نقاط گرم و سرد و انحراف از دمای طبیعی یا مورد انتظار توجه دارد. بازرسی کمی به اندازه‌گیری دقیق دمای هدف می‌پردازد. باید به این نکته توجه کرد که توجه بیش از حد به بازرسی مادون قرمز کمی معطوف نشود، زیرا حسگرهای مبتنی بر دما برای اندازه‌گیری دقیق دما بهتر هستند.

تجهیزات مادون قرمز از یک سیستم نوری برای جمع آوری انرژی تابشی از اشیاء و تمرکز روی آن، یک آشکارساز^{۹۵} برای تبدیل الگوی انرژی متمرکز شده به سیگنال الکتریکی و یک سیستم الکترونیکی برای تقویت سیگنال خروجی آشکارساز و پردازش آن به شکلی که بتواند نمایش داده شود، تشکیل می‌شوند. بیشتر ابزارها قابلیت تولید تصویری را دارند که می‌توان آن را نمایش داد و ضبط کرد. این تصاویر، که به عنوان ترموگراف شناخته می‌شوند، می‌توانند به طور مستقیم توسط چشم تفسیر شوند یا توسط کامپیوتر برای تولید اطلاعات تفصیلی اضافی تحلیل شوند. دستگاه‌های محدوده موج متوسط موج مادون قرمز را در بازه ۲ تا ۵ میکرون تشخیص می‌دهند؛ دستگاه‌های محدوده موج بلند، در بازه ۸ تا ۱۴ میکرون تشخیص می‌دهند. سیستم‌های پیشرفته می‌توانند اندازه گیری های نقاط مجزا را جدا کنند، میانگین اندازه گیری‌ها را برای یک منطقه تعریف شده محاسبه کنند، دما را در طول یک خط ردیابی کنند و تصاویر هم دمایی^{۹۶} را تولید کنند که کانتورهای^{۹۷} دمایی را نشان می‌دهند.

ضروری است که بررسی‌های مادون قرمز توسط تکنیسین‌هایی انجام شود که در مورد بهره برداری از تجهیزات و تفسیر تصاویر آموزش دیده‌اند. متغیرهایی که ممکن است دقت و تکرارپذیری داده‌های حرارتی را از بین ببرند، باید هر بار که داده بر داری می‌شود، اصلاح شوند.

دوربین‌های ترموگرافی مادون قرمز (IRT) سیستم‌های اندازه‌گیری و تصویربرداری حرارتی غیر تماسی و در مسیر خط دید^{۹۸} هستند. به دلیل اینکه IRT یک تکنیک غیر تماسی است، به خصوص برای شناسایی نقاط گرم و سرد در تجهیزات الکتریکی در حال کار، سطوح بزرگی مانند دیگ های بخار و سقف‌های

⁹⁵ detector

⁹⁶ isothermal

⁹⁷ contours

⁹⁸ line-of-sight

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ساختمان و دیگر مناطقی که اندازه گیری دمای "از راه دور" لازم است، جذاب است. ابزارهایی که این کار را انجام می دهند، انرژی الکترومغناطیسی را در باندهای موج کوتاه (۳-۵ میکرون) و موج بلند (۸-۱۵ میکرون) از طیف الکترومغناطیسی تشخیص می دهند.

با توجه به بازرسی های متنوع (برقی، مکانیکی و سازه ای)، ابزار موج کوتاه بهترین انتخاب برای بازرسی تأسیسات است. با این حال، ابزار موج کوتاه در مقایسه با موج بلند، حساسیت بیشتری نسبت به بازتاب های خورشیدی دارد. نور خورشید بازتاب شده از سطوح براق و صیقلی ممکن است باعث شود این سطوح به نظر "گرم تر" از سطوح مجاور بیایند، در حالی که در واقع اینطور نیست. دوربین های ترموگرافی مادون قرمز قابل حمل هستند، عموماً حساسیت ۰/۲ درجه سانتیگراد در بازه دمایی از -۱۰۰ تا +۳۰۰۰ درجه سانتیگراد را دارند و دقت آنها به ± 3 درصد می رسد. علاوه بر این، این ابزار می تواند تصاویر را برای تحلیل های بعدی ذخیره کند.

بازرسی های مادون قرمز تلاش می کنند تا دمای جسم مورد نظر را با دقت اندازه گیری کنند. انجام این بازرسی، نیاز به داشتن دانش و درکی از رابطه دما و توان تابشی، بازتابش، شدت انتشار و عوامل محیطی، به همراه محدودیت های ابزار آشکارساز دارد. این دانش باید به شیوه ای روش مند برای کنترل مناسب سیستم تصویربرداری و به دست آوردن اندازه گیری های دقیق از دما اعمال شود.

بازرسی های کیفی به مراتب کمتر زمان بر هستند، زیرا شخص اندازه گیری کننده نگران اندازه گیری دما با دقت بسیار بالا نیست. در بازرسی های کیفی، شخص اندازه گیری کننده اختلاف های دمای دقیق (ΔT) بین قطعات مشابه را به دست می آورد. به عنوان مثال، یک مرکز کنترل موتور معمولاً برق سه فازی را از طریق یک سیستم قطع و وصل و یک کنترل کننده برای موتور تأمین می کند. به طور ایده آل، جریان از مدار سه فاز باید یکنواخت باشد، بنابراین قطعات درون مدار باید دماهای مشابهی داشته باشند. هر داغ شدن غیر یکنواختی، شاید به دلیل اتصالات کثیف یا لق، با سیستم تصویربرداری IRT به سرعت شناسایی می شود.

مادون قرمز می تواند به طور بسیار اثربخشی برای شناسایی وضعیت های در حال تخریب در سیستم های الکتریکی مانند ترانسفورماتورها، مراکز کنترل موتور، سویچ گیرها^{۹۹}، ایستگاه های فرعی^{۱۰۰} یا خطوط انتقال برق استفاده شود. در سیستم های مکانیکی، مادون قرمز می تواند به شناسایی وضعیت گیر کردن جریان در مبدل های حرارتی، کندانسورها، رادیاتورهای خنک کننده ترانسفورماتور و لوله ها کمک کند. همچنین، مادون قرمز می تواند برای تعیین سطح سیال در ظروف بزرگی مانند مخازن نگهداری سوخت استفاده شود. مادون قرمز می تواند تخریب سیستم عایق بندی در دیوارها و سقف های ساختمان ها و همچنین مواد نسوز در دیگ های بخار و کوره ها را شناسایی کند. پایش دما، به ویژه ترموگرافی مادون قرمز، یک تکنیک قابل اطمینان برای یافتن اثرات دمایی خاص از رطوبت که باعث نشی در پشت بام ها می شود و همچنین تعیین کارایی مبدل های حرارتی، دیگ های بخار، عایق بندی ساختمان و غیره است.

⁹⁹ switchgears

¹⁰⁰ substations

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تحلیل عمقی دما می تواند با بررسی دمای خاک اطراف لوله، هدر رفت انرژی و نشتی در لوله های مدفون را شناسایی کند. این تکنیک می تواند برای اندازه گیری کمی هدر رفت انرژی لوله های مدفون استفاده شود. IRT همچنین می تواند به عنوان یک ابزار کنترل آسیب به منظور شناسایی حوادثی مانند حریق و نشتی مورد استفاده قرار گیرد.

ترموگرافی محدود به خط دید است. رنگ مواد، هندسه ماده و عوامل محیطی مانند حرارت خورشید و اثرات باد می توانند باعث خطا شوند. قابلیت انتشار^{۱۰۱} یک نگرانی اساسی است که می تواند ۵ تا ۲۰ درصد خطا در اندازه گیری ها به وجود آورد. اندازه گیری دمای سطوح درخشان یا بسیار صاف و صیقلی می تواند بسیار غلط انداز باشد؛ حتی ممکن است قابلیت انتشار سطوح فلزی صاف و تیره هم در همه جهات مساوی نباشد. در جاهایی که سطوح خمیده هستند بسیار مراقب باشید. اگر قابلیت انتشار بسیار کم باشد، برخی از سطوح صیقلی قابلیت انتشاری برابر ۰.۲ یا کمتر دارند، در این صورت اندازه گیری دقیق ممکن نیست. بسیاری از دوربین های ارزان قیمت مادون قرمز، قابلیت انتشار ثابتی دارند (معمولاً حدود ۰.۹۵) که در شرایط عادی مقدار مناسبی است.

از آنجا که تصاویر IRT پیچیده هستند و اندازه گیری و تحلیل آنها دشوار است، اندازه گیری و تفسیر داده های حرارتی دقیق و تکرارپذیر نیاز به آموزش دارد. با آموزش و گواهینامه مناسب، تکنیسین ها و مهندسان برق / مکانیک می توانند این تکنیک را انجام دهند.

تولیدکنندگان و فروشندگان سیستم تصویربرداری مادون قرمز آموزش هم فراهم می کنند. همچنین، انجمن آزمون های غیرمخرب آمریکا (ASNT)^{۱۰۲}، هم راهنمایی برای دریافت گواهینامه NDT ترموگرافی منتشر کرده است. این راهنماهای طراحی شده برای استفاده در آزمون های غیرمخرب، می توانند به عنوان راهنمای ترموگرافی در CBM هم استفاده شوند.

آزمون فراصوت^{۱۰۳}

آزمون فراصوت در تشخیص مشکلات مکانیکی و الکتریکی بسیار مفید است. ابزارهای آزمون فراصوت معمولاً دستی و قابل حمل هستند. مدار الکترونیکی آنها یک باند باریک فراصوت (بین ۲۰ و ۱۰۰ کیلوهرتز) را به محدوده قابل شنیدن تبدیل می کند تا کاربر بتواند صداهای کیفی تجهیزات عملیاتی را از طریق هدفون تشخیص دهد. قدرت سیگنال نیز در دستگاه نمایش داده می شود. ابزارها و اسکرین های فراصوتی بیشتر برای شناسایی نشتی گاز، مایع یا خلأ استفاده می شوند.

¹⁰¹ Emissivity

¹⁰² American Society of Non-destructive Testing

¹⁰³ Ultrasonic Testing

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

استفاده از آشکارسازهای فراصوت محدودیت هایی دارد. به عنوان مثال، آنها ممکن است به شناسایی وجود ارتعاش مشکوک در یک دستگاه کمک کنند، ولی به طور کلی برای شناسایی منابع یا علل این ارتعاش ها کافی نیستند.

از سوی دیگر، پایش فراصوتی آسان است، به آموزش کمی نیاز دارد و ابزارهای آن ارزان قیمت هستند. دستگاه های فراصوتی هوایی، "تفنگ های" شنوایی بسیار حساسی (مشابه تفنگ های تشخیص سرعت راداری استفاده شده توسط پلیس در سرعت سنج ها) هستند. آنها روشی مناسب و غیر تهاجمی برای ارزیابی وضعیت دارایی ها هستند. استفاده از پایش فراصوت هوایی به ویژه برای آزمایش از راه دور تجهیزات الکتریکی، همچنین تجهیزات الکتریکی حفاظ دار، مانند اتصالات داخل سوییچ گیر و پنل ها، آسان و مفید است. در مورد شکست عایق های برق با ولتاژ بالا، دستگاه های فراصوتی هوایی معمولاً می توانند خرابی ها را زودتر از دوربین های حرارتی مادون قرمز آشکار کنند. به جز موارد شدیدی که مسیر جریان به زمین ایجاد شده باشد، دوربین های حرارتی مادون قرمز، به دلیل اینکه کرونا به طور معمول هیچ گرمایی تولید نکرده یا گرمای کمی ایجاد می کند، نمی توانند شکست عایق برق با ولتاژ بالا را تشخیص دهند. دستگاه های فراصوتی هوایی می توانند صدای حاصل از ارتعاش اتصالات لق در داخل پنل ها را هم تشخیص دهند.

دستگاه های فراصوتی هوایی در محدوده فرکانسی ۲۰ تا ۱۰۰ کیلوهرتز فعالیت کرده، سیگنال فرکانس بالا را به سیگنالی در محدوده شنیداری انسان تبدیل می کنند. تبدیل سیگنال به اپراتور اجازه می دهد تا تغییرات در سطوح صداهای مرتبط با نشتی های هوا، تخلیه های کرونا و دیگر رویدادهای فرکانس بالا را بشنود. به عنوان مثال، یک تکنیسین نگهداشت می تواند از تجهیزات فراصوتی برای "شنیدن" یک رینگ بیرینگ و محیط اطراف پوسته اش، که در فرکانس تشدید قرار دارند، استفاده کند. پس از آشکارسازی، تکنیسین نگهداشت می تواند به دنبال علت مشکل بگردد؛ روانکاری ناکافی یا عیوب جزیی در آلیاژ بیرینگ احتمالاً علت این نقص خواهند بود.

برخی از معمول ترین کاربردهای آشکارسازی فراصوتی عبارتند از:

- شناسایی نشتی در سیستم های فشار و خلأ (مانند دیگ بخار، مبدل حرارتی، کندانسورها، چیلرها، کوره های خلأ، سیستم های گازهای تخصصی)
- بازرسی بیرینگ
- بازرسی تله های بخار
- کاویتاسیون پمپ
- شناسایی کرونا در سوییچ گیر الکتریکی
- تحلیل شیرآلات
- یکپارچگی آب بند کننده ها و واشرها در مخازن و سیستم های لوله کشی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

همه تجهیزات عملیاتی و بیشتر مشکلات ناشی، طیف گسترده ای از صداها را تولید می کنند. اجزای با فرکانس فراصوتی بالای این صداها به طور طبیعی موج کوتاه هستند و سیگنال موج کوتاه تمایل به جهت دار بودن دارد. بنابراین، جداسازی این سیگنال ها از صداها می مزاحم¹⁰⁴ پس زمینه و تشخیص مکان دقیق آنها ساده است. به علاوه، با آغاز تغییرات کوچک در تجهیزات مکانیکی، طبیعت فراصوت به این سیگنال های هشدار بالقوه اجازه می دهد تا پیش از شکست واقعی، آنها را تشخیص دهیم.

تشخیص ناشی در سیستم های مکانیکی. فراصوت یک تکنیک چند منظوره است که صدای ناشی را تشخیص می دهد. هنگامی که یک سیال (مایع یا گاز) نشت می کند، از سمت فشار بالا از به سمت فشار پایین حرکت می کند، جایی که به سرعت انبساط پیدا کرده، یک جریان آشفته¹⁰⁵ ایجاد می کند. این آشفتگی دارای اجزای فراصوتی قوی است. شدت سیگنال فراصوتی با فاصله گرفتن از منبع به سرعت کاهش یافته، اجازه می دهد که مکان دقیق یک نشتی را تعیین کنیم.

عموماً تشخیص ناشی گاز آسان است. باید یک منطقه را در حالی که به دنبال صدای شدید متمایزی هستیم، اسکن کنیم. با تنظیمات پیوسته حساسیت، منطقه نشت را اسکن می کنیم تا نقطه قویترین صدا را پیدا کنیم.

برخی ابزارهای این روش یک پروب کانونی لاستیکی دارند که منطقه مورد بررسی برای دریافت سیگنال را محدود کرده، باعث می شود که بتوانیم محل یک نشتی کوچک را هم با دقت مشخص کنیم. پروب کانونی لاستیکی همچنین یک ابزار عالی برای تأیید مکان یک نشتی است. این کار با فشردن پروب به سطح منطقه مشکوک انجام می شود تا مشخص شود که آیا صدای ناشی ثابت می ماند یا خیر. اگر شدت آن کاهش یابد، نشتی در جای دیگری است.

ناشتی های خال را هم به روش مشابهی می توان تشخیص داد؛ تنها تفاوت این است که آشفتگی داخل محفظه خال اتفاق می افتد. به همین دلیل، شدت صدا کمتر از نشتی در سیستم دارای فشار خواهد بود. اگرچه این روش بیشتر برای نشتی های کم تا شدید مؤثر است، ولی سهولت تشخیص فراصوت باعث می شود که این روش برای تشخیص بیشتر مشکلات ناشی خال مفید باشد.

ناشتی های مایع معمولاً از طریق شیرها و تله های بخار تعیین می شوند، اگرچه گاهی اوقات تعیین دقیق محل نشت آب از لوله های پرفشار مدفون در زمین هم گزارش شده است. اگر یک محصول در هنگام نشتی، جریان آشفته ایجاد کند، می توان برای بررسی نشتی آن را تشخیص داد.

بازرسی نشتی شیرها عموماً با پروب تماسی در پایین دست جریان انجام می شود. این کار ابتدا با لمس بالادست جریان و تنظیم حساسیت در حدود ۵۰ درصد مقیاس، انجام می شود. سپس سمت پایین دست جریان را لمس می کنیم و شدت صدای آن را با بالادست مقایسه می کنیم. اگر سیگنال کمتر از بالادست

¹⁰⁴ noise

¹⁰⁵ turbulent flow

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

باشد، شیر بسته تلقی می شود؛ اگر شدت صدا بیشتر از بالادست و همراه با صدای شدید باشد، نشست می شود. نظر گرفته می شود.

تله های بخار هم با استفاده از مبدل های فراصوتی به راحتی بازرسی می شوند. وضعیت تله بخار را می توان در طول عملکرد آن و با مشاهده عقربه، تفسیر کرد. سرعت و سادگی این نوع آزمون، می تواند امکان بازرسی روزانه همه تله های بخار در یک کارخانه را فراهم کند.

نشستی لوله های مبدل های حرارتی و کندانسورها و نشستی پوسته دیگ های بخار هم با استفاده از مبدل های فراصوتی تشخیص داده می شوند. در بیشتر نیروگاه ها، مشکل نشستی آب ورود به کندانسور یک مسأله مهم است. اتصالات کندانسورها به طور مرتب با استفاده از روش تشخیص نشستی، که قبلاً توضیح داده شد، بازرسی می شوند. اگر یک مجموعه لوله کندانسور مشکوک به نشستی باشد، با قرار دادن کندانسور تحت بارگذاری جزئی و باز کردن آب مجموعه لوله مشکوک، می توان محل نشستی را پیدا کرد. پس از تمیز کردن لوله ها از آلودگی، آن را اسکن می کنیم.

بازرسی بیرینگ ها. بازرسی و پایش فراصوت بیرینگ ها روشی قابل اطمینان برای تشخیص خرابی آنها در مراحل اولیه است. هشدار فراصوتی پیش از افزایش دما یا افزایش گشتاور رانش ظاهر می شود. بازرسی فراصوتی یک بیرینگ در تشخیص آغاز شکست خستگی، برینلی شدن¹⁰⁶ سطوح بیرینگ یا پر شدن (یا نداشتن) روانکار مفید است. در بیرینگ های ساچمه ای، هنگامی که خستگی فلز در مسیر غلتش، غلتک یا ساچمه بیرینگ آغاز می شود، تغییر شکل ظریفی اتفاق می افتد. این تغییر شکل فلز باعث افزایش انتشار امواج صوتی فراصوت می شود.

مشاهده شده است که هنگامی که لایه روانکار کاهش می یابد، سطح صدا افزایش پیدا می کند. افزایش حدود ۸ دسیبل نسبت به خط مبنا همراه با یک صدای شدید یکنواخت، نشان دهنده کمبود روانکار است. در هنگام روانکاری، ماده روانکار را فقط به مقدار کافی، برای بازگرداندن صدا به حد مبنا، اضافه کنید. برخی از روانکارها نیاز به زمان دارند تا سطح بیرینگ را به طور یکنواخت پوشش دهند. یکی از شایع ترین علل شکست بیرینگ، روانکاری بیش از حد است. فشار اضافه روانکار اغلب باعث خرابی آب بند کننده های بیرینگ یا تجمع گرما می شود، که می تواند تنش و تغییر شکل ایجاد کند. برای پیشگیری از روانکاری بیش از حد، اگر اندازه گیری نشان دهد که شدت و کیفیت صدای مبنا حفظ شده است، روانکار اضافه نکنید. هنگام روانکاری، فقط مقدار کافی روانکار را برای بازگرداندن صدای فراصوت به خط مبنا استفاده کنید. اخیراً پمپ های گریس جدیدی با سیستم های فراصوت داخلی در بازار در دسترس قرار گرفته اند که می توانند مقدار مناسب گریس را تعیین کنند. این دستگاه ها بسیار کاربردی بوده، استفاده از آنها آسان است.

¹⁰⁶ brinelling

عیب یابی در سیستم های الکتریکی. سه نوع مشکلات برقی ولتاژ بالا که با صدای فراصوت قابل شناسایی هستند عبارتند از:

- قوس الکتریکی^{۱۰۷}. قوس زمانی اتفاق می افتد که برق از طریق فضا جریان پیدا می کند. رعد و برق یک مثال خوب است.

- کرونا. وقتی ولتاژ یک رسانه الکتریکی مانند آنتن یا خط انتقال ولتاژ بالا، از حد آستانه تجاوز کند، هوای اطراف آن شروع به یونیزه شدن می کند و یک نور آبی یا بنفش شکل می گیرد.

- ترکیب^{۱۰۸}. اغلب به عنوان "قوس کوچک" شناخته می شود. برق مسیر عایق خراب را دنبال می کند و از خاک محیط اطراف، ذرات آلودگی و رطوبت به عنوان محیط هادی استفاده می کند.

به طور نظری، عیب یابی فراصوت می تواند در سیستم های ولتاژ پایین، متوسط و بالا استفاده شود؛ با این حال، کاربرد اصلی آن عموماً فقط در سیستم های ولتاژ متوسط و بالا است. هنگامی که برق در خطوط ولتاژ بالا فرار می کند یا وقتی که از فاصله بین یک اتصال الکتریکی می گذرد، مولکول های هوای اطراف را به هم می ریزد و صدای فراصوت تولید می کند. این صدا اغلب به صورت صدای ترق و تروق یا مشابه صدای جرقه روغن در ماهی تابه شنیده می شود. در موارد دیگر، به صورت صدای وزوز شنیده می شود. در ایستگاه های فرعی و سیستم های توزیع، اجزایی مانند عایق ها، ترانسفورماتورها، کابل، سویچ گیرها، باس بارها^{۱۰۹}، رله ها، کنتاکتورها، جعبه های ترمینال و بوشینگ ها را می توان به این روش تست کرد. آزمایش فراصوت اغلب برای ارزیابی در ولتاژهای بیش از ۲۰۰۰ ولت، به ویژه در سیستم های سویچ گیر بسته، استفاده می شود. این روش به خصوص در شناسایی مشکلات کرونا مفید است. در سویچ گیر بسته، فرکانس ردیابی کرونا خیلی بیشتر از فرکانس عیوب جدی شناسایی شده توسط مادون قرمز است. توصیه می شود هر دو آزمایش با سیستم های سویچ گیر بسته انجام شوند. هنگام آزمایش تجهیزات الکتریکی، حتماً از رویه های ایمنی پیروی کنید.

روش ردیابی نشی قوس الکتریکی و کرونا مشابه آن چیزی است که برای تشخیص نشی مکانیکی گفته شد. کاربر، به جای گوش دادن به صدای شدید، به دنبال صدایی مشابه ترق و تروق یا وزوز خواهد بود. تشخیص وجود مشکل نسبتاً ساده است. با مقایسه کیفیت و سطح صدا در تجهیزات مشابه، مشکل به راحتی شناسایی می شود، حتی اگر خود صدا، به دلیل پدیده تشدید در انواع و اندازه های مختلف تجهیزات، متفاوت باشد.

در سیستم های ولتاژ پایین، با اسکن سریع باس بارها، اغلب یک اتصال لق شناسایی می شود. بررسی جعبه های ترمینال می تواند قوس زدن را آشکار کند. همانند تشخیص نشی، هر چه فاصله از محل نشی کمتر شود، سیگنال قوی تر خواهد شد. اگر باید خطوط انتقال برق بازرسی شوند و سیگنال به اندازه کافی

¹⁰⁷ Arcing

¹⁰⁸ Tracking

¹⁰⁹ bus bars

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

قوی به نظر نمی رسد که از زمین قابل تشخیص باشد، یک بازتاب کننده سهموی¹¹⁰، که متمرکز کننده موج فراصوت است، فاصله تشخیص را افزایش داده، امکان تشخیص دقیق را فراهم می کند.

آنالیز روانکار (روغن) و ذرات فرسایشی

هدف از آنالیز روغن، تعیین موارد زیر است:

- وضعیت فرسایش مکانیکی دارایی
- وضعیت روانکار
- تشخیص آلودگی روانکار

مجموعه گسترده ای از آزمون ها می توانند اطلاعاتی را درباره یک یا چند مورد از این حوزه ها فراهم کنند. این سه حوزه به یکدیگر وابسته نیستند. تغییرات در وضعیت روانکار و آلودگی، اگر اصلاح نشوند، منجر به فرسایش تجهیز می شوند.

وضعیت روانکار. روغن روانکار بد، یا دور ریخته می شود، یا با فیلتر کردن یا جایگزینی مواد افزودنی بازسازی می شود. بنابراین، آنالیز روغن به منظور تعیین وضعیت روانکار، به دلیل [مدیریت] هزینه ها انجام می شود. تعویض روغن دستگاه های کوچک با مخازن روغن کوچک بر مبنای زمان کارکرد انجام می شود. خودرو بهترین مثال برای نگهداشت روغن روانکار بر مبنای زمان است. در این مثال، هزینه جایگزینی روغن خودرو (که شامل روغن جایگزین، نیروی انسانی مورد نیاز برای تعویض روغن و هزینه دفع روغن است) کمتر از هزینه آنالیز روغن است، که شامل هزینه مواد نمونه برداری، نیروی انسانی لازم برای کار نمونه برداری و تحلیل آن می شود. در مورد روغن خودرو، تعویض براساس زمان، ارزان تر از آنالیز است. دلیل این موضوع، رقابت و اقتصاد مقیاسی است که برای برآورده کردن نیاز مصرف کننده برای تعویض روغن خودرو ایجاد شده است.

در یک محیط صنعتی، روغن روانکار ممکن است به دلیل محیط عملیاتی ماشین، رویه های پر کردن نامناسب یا ترکیب روانکارهای مختلف در یک ماشین، آلوده شود. اگر روغن یک دستگاه به طور مداوم پر می شود، باید روغن را به صورت دوره ای، برای بررسی مشکلات جدی در دستگاه، آنالیز کنیم. تنها با گرفتن نمونه های مکرر و بررسی روند تغییرات داده ها برای هر دارایی است که مزایای کاملی از برنامه آنالیز روغن به دست می آید. طول فواصل نمونه برداری بسته به نوع تجهیزات و شرایط کاری متفاوت است. براساس نتایج تجزیه و تحلیل ها، روانکارها را می توان تعویض کرد یا برای برآورده کردن الزامات عملیاتی خاص، آنها را ارتقا داد.

¹¹⁰ parabolic reflector

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

بسیار مهم است بدانیم که روش نمونه‌گیری اثر قابل توجهی بر معنادر بودن نتایج آنالیز روغن دارد. محل‌های نمونه‌برداری باید به دقت انتخاب شوند و شرایط نمونه‌برداری باید یکنواخت باشند تا بتوان مقایسه دقیقی انجام داد.

انواع آزمون‌های تحلیلی استاندارد. آنالیز روغن روانکار و سیال هیدرولیک باید از روش‌های ساده و فردی، مانند بازرسی چشمی و بویایی آغاز شده، سپس به تکنیک‌های پیچیده‌تر پرداخته شود. آزمون‌های پیچیده‌تر باید زمانی انجام شوند که شرایط تجهیز نیاز به اطلاعات اضافی را نشان دهند و همچنین، براساس اهمیت دارایی‌ها صورت گیرند.

بازرسی چشمی و بو. کاربران تجهیزات می‌توانند از بازرسی‌های ساده هفتگی برای بررسی چشمی روغن روانکار و همچنین کنترل بوی آن استفاده کنند. در بازرسی چشمی، تغییرات در رنگ، تیره شدن یا ابری شدن روغن و ذرات خارجی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این آزمون بسیار ذهنی است، ولی می‌تواند نشان دهنده جود آب و ذرات آلاینده و اکسیداسیون پیشرفته باشد. نمونه کوچکی از روغن روانکار تازه در یک بطری شفاف و بسته شده نگه داشته می‌شود تا برای مقایسه چشمی استفاده شود. بوی سوختگی از روغن می‌تواند نشانگر اکسیداسیون آن باشد. بوهای دیگر ممکن است نشانگر آلودگی باشند. ولی تشخیص بو نسبت به بازرسی چشمی ذهنی‌تر است، زیرا حساسیت افراد به بو متفاوت است و روش اثربخشی برای مقایسه بوی بین نمونه‌ها وجود ندارد. همچنین اپراتور باید مراقب باشد که هنگام نمونه‌برداری، ذرات خارجی وارد سیستم نکند.

گرانروی. گرانروی یکی از مهم‌ترین خواص روغن روانکار است؛ گرانروی اغلب به عنوان استحکام سازه‌ای مایع شناخته می‌شود. این آنالیز شامل مقایسه نمونه روغن یک دارایی با نمونه روغن تازه استفاده نشده است تا مشخص شود آیا رقیق شدن یا غلیظ شدن روغن در طول استفاده از آن رخ داده است یا نه. گرانروی برای کنترل لایه روغن بسیار حائز اهمیت بوده، یک شاخص کلیدی از وضعیت روغن دستگاه است.

گرانروی معیار اندازه‌گیری مقاومت روغن در برابر روان شدن در دمای مشخصی است. تغییر (افزایش یا کاهش) گرانروی در طول زمان نشانگر تغییرات در شرایط روانکار بوده، یا ممکن است نشان دهنده آلودگی روغن باشد. گرانروی می‌تواند با استفاده از تجهیزات قابل حمل آزمایش شود، یا با استفاده از استاندارد ASTM D445 در آزمایشگاه با دقت بیشتری اندازه‌گیری شود. گرانروی با واحد سانتی استوک (cSt)¹¹¹ در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده، مقادیر حداقل و حداکثر آن توسط درجه بندی ایزو مشخص می‌شوند.

آزمون آب (رطوبت). آب، اگر به صورت معلق (سوسپانسیون) در روغن روانکار وجود داشته باشد، عموماً به عنوان آلودگی شیمیایی شناخته می‌شود. اثرات بسیار مخربی روی بیرینگ‌ها، دنده‌ها و اجزای

¹¹¹ centistoke

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

هیدرولیک دارد. مانند ذرات، باید کنترل های لازم برای کمینه کردن تجمع آب در روغن و دستگاهها انجام شود.

آب در روغن روانکار و سیال هیدرولیک به خوردگی و تشکیل اسیدها کمک می کند. مقادیر کمی از آب (کمتر از ۰.۱ درصد) می توانند در روغن حل شده، با استفاده از آزمون کراکل^{۱۱۲} یا طیف سنجی مادون قرمز (حداقل قابل تشخیص تقریباً ۵۰۰ پی پی ام)، روش تقطیر مطابق استاندارد ASTM D95 (حداقل ۱۰۰ پی پی ام) تشخیص داده شوند. اگر بیش از ۰.۱ درصد آب در روغن به صورت معلق یا امولسیون وجود داشته باشد، روغن ابری یا تیره به نظر خواهد رسید. آب آزاد در روغن در پایین مخازن جمع می شود و با تخلیه از پایین مخزن، قابل شناسایی است.

با استفاده از فرآیند تیتراسیون به روش کارل فیشر^{۱۱۳}، مقادیر اندک را آب می توان شناسایی و اندازه گیری کرد. آزمون تیتراسیون حجمی از استاندارد ASTM D1744 و تیتراسیون کولون سنجی^{۱۱۴} از استاندارد ASTM D4928 استفاده می کنند. این آزمون هنگام پذیرش روغن جدید مفید است.

شمارش ذرات فرسایشی. تعداد بالای ذرات فرسایشی نشان می دهد که ممکن است دستگاه دچار سایش غیرطبیعی شده باشد یا اینکه ممکن است شکست ها به علت گرفتگی اریفیس ها ایجاد شده باشند. آزمایش های شمارش ذرات اهمیت ویژه ای در سیستم های هیدرولیک دارند.

آزمایش ذرات سایشی بر تشخیص و تجزیه و تحلیل ناهنجاری های کنونی دستگاه تأکید دارد – نشانه های شکست، روغن زبه عنوان رساننده اطلاعات در مورد سلامت دستگاه عمل می کند. وقتی که بخشی از دستگاه سطحی از شکست را مانند سایش تجربه می کند، ذراتی را در روغن منتشر می کند. وجود سطح غیرطبیعی ذرات فرسایشی، اندازه آنها، شکل، رنگ، منشأ آنها و عناصر تشکیل دهنده آنها، علت، منبع و شدت وضعیت را تعریف می کند.

عدد اسیدی کل (TAN)^{۱۱۵}. عدد اسیدی کل (TAN) معیاری از مقدار اسید یا مواد شبه اسیدی در روغن است. این عدد، شاخصی از وضعیت روغن بوده، نسبت به TAN روغن جدید پایش می شود. در برخی سیستم ها، TAN همچنین برای نشان دادن آلودگی اسیدی استفاده می شود. TAN براساس میلی گرم هیدروکسید پتاسیم (KOH) در گرم روغن اندازه گیری می شود (mg KOH/g). هیدروکسید پتاسیم در یک فرآیند تیتراسیون استفاده می شود و وضعیت روغن با تغییر رنگ (ASTM D974) یا تغییر هدایت الکتریکی (ASTM D664) نشان داده می شود.

¹¹² crackle test

¹¹³ Karl Fischer

¹¹⁴ Coulometric titration

¹¹⁵ Total Acid Number

عدد بازی کل (TBN)^{۱۱۶}. عدد بازی کل (TBN) نشان دهنده توانایی روغن برای خنثی کردن حالت اسیدی است. TBN پایین اغلب شاخص این است که روغن نادرست استفاده می شود، فواصل بین تعویض روغن خیلی زیاد است، روغن بیش از حد گرم شده است یا سوخت با گوگرد بالا استفاده می شود.

تحلیل طیف سنجی ذرات فلزی^{۱۱۷}. به نام طیف سنجی انتشاری هم شناخته می شود. این آزمایش نور (طیف) منتشر شده از نمونه در طول آزمایش را بررسی کرده، حدود ۲۱ فلز را شناسایی می کند. فلزات در دسته های فرسایشی، آلودگی یا مواد افزودنی دسته بندی می شوند. این روش هم فلزات حل شده و هم ذرات فلزی را شناسایی می کند.

طیف سنجی مادون قرمز. این آزمایش به عنوان تحلیل مادون قرمز، طیف سنجی جذبی مادون قرمز یا طیف سنجی نوری یا طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)^{۱۱۸} هم شناخته می شود. این تکنیک، طول موج مادون قرمز جذب شده توسط نمونه روغن را بررسی می کند. از این آزمایش برای شناسایی آلودگی غیرفلزی و وضعیت روانکار (مانند اکسیداسیون، ضد اکسیدان و سایر روش های از بین رفتن افزودنی های روغن) استفاده می شود. اتصال سیستم تخصصی کامپیوتر با طیف های شناخته شده روغن، می تواند تغییرات کوچک در وضعیت روغن را تشخیص دهد.

فروگرافی تحلیلی^{۱۱۹}. فروگرافی تحلیلی اغلب براساس تغییرات در خوانش مستقیم (DR)^{۱۲۰} تعداد ذرات شروع می شود که نشان دهنده افزایش تعداد ذرات فلزی یا ذرات است. فروگرافی DR غلظت ذرات فرسایشی آهنی را در روغن روانکار یا هیدرولیک به صورت کمی اندازه گیری می کند.

فروگرافی تحلیلی یک روش کیفی است و نیاز به بررسی چشمی و شناسایی ذرات فرسایشی دارد. ویژگی ها و مشخصات ذرات فرسایشی بررسی و دسته بندی می شوند. این دسته بندی شامل اندازه، شکل، ساختار، رنگ، اثر نوری، چگالی، اکسید سطحی و غیره است.

این تحلیل گاهی اوقات به صورت منظم روی دستگاه های گران قیمت یا مهم انجام می شود. فرآیند این آزمایش نیاز به نیروی انسانی دارد و شامل آماده سازی نمونه و بررسی آن تحت بزرگ نمایی است. نتایج بسته به توانایی تحلیل گر متغیر هستند، ولی این فرآیند می تواند اطلاعات دقیقی در مورد فرسایش: مانند نوع فرسایش (سایش، لغزش، برش)، رنگ، نوع ذرات (اکسید، خورنده، بلوری) و سایر ذرات غیرآهنی ارائه دهد. این اطلاعات جزئی می تواند در یافتن علت ریشه ای مشکلات فرسایشی بسیار مهم باشد.

ایجاد کف^{۱۲۱}. برخی روغن ها ممکن است افزودنی های ضدکف داشته باشند که برای بهبود قابلیت روانکاری در برخی کاربردهای خاص مانند گیربکس ها یا مخلوط کن ها اضافه می شوند. آزمون ASTM

¹¹⁶ Total Base Number

¹¹⁷ Spectrum Metal Analysis

¹¹⁸ Fourier Transform Infrared spectroscopy

¹¹⁹ Analytical Ferrography

¹²⁰ Direct Reading

¹²¹ Foaming

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

D892 می‌تواند برای آزمایش ویژگی های کف روغن استفاده شود. در این آزمایش، هوا از مسیر یک نمونه روغن دمیده می‌شود و حجم کف را اندازه می‌گیرد.

ممانعت از زنگ زدگی. برخی سیستم‌ها به علت موقعیت تجهیزات یا محیط عملیاتی سیستم، مستعد آلودگی آب هستند. در این موارد، روغن روانکار یا سیال هیدرولیک ممکن است با ممانعت کننده ای برای پیشگیری از زنگ زدگی تقویت شود. اثربخشی ممانعت از زنگ زدگی با استفاده از ASTM D665 (یا ASTM D3603) قابل آزمایش است.

آزمون پایداری روغن در برابر اکسیداسیون یا آزمون اکسیداسیون بمب چرخان (RBOT)^{۱۲۲}. آزمون ASTM D 2272 برای برآورد پایداری اکسیداسیون و عمر مفید باقیمانده روغن استفاده می‌شود. این آزمون پیری را شبیه‌سازی می‌کند، زمان وقوع اکسیداسیون سریع را مشخص می‌کند و نشان می‌دهد که آیا [افزودنی‌های] ضد اکسیداسیون از بین رفته اند یا خیر. این آزمون نیست که فقط یک بار انجام شود؛ بلکه باید در طول زمان انجام شده، نخستین آزمون، به عنوان آزمون مبنای روی روغن جدید انجام شود. آزمون‌های بعدی برای توسعه خط روند لازم هستند. به دلیل هزینه بالا و آزمون‌های چندگانه مورد نیاز، این آزمون معمولاً فقط برای مخازن حجیم یا روغن‌های گران قیمت انجام می‌شود.

نمونه گیری و تناوب آن. نمونه‌های روغن باید به طور ایمن و به گونه ای که ذرات گردوغبار و آلاینده‌های دیگر را به دستگاه، سیستم یا نمونه وارد نکنند، جمع‌آوری شوند. ممکن است در برخی از سیستم‌های روانکاری، لازم باشد که شیرهای نمونه گیری دائمی نصب شوند. نمونه روغن باید نماینده روغنی باشد که در دستگاه در حال چرخش است. بنابراین در سیستم‌های در حال چرخش، نمونه باید از میانه مخزن و بالادست فیلتر (قبل از فیلتر) جمع‌آوری شود. برای جمع‌آوری نمونه باید از بطری‌ها و لوله‌های تمیز استفاده شود. برای پیشگیری از آلودگی، از پمپ‌های نمونه گیری روغن برای استخراج روغن از مخازن استفاده می‌شود. برای تضمین یکنواختی در تحلیل آزمایش، نمونه‌ها باید از یک نقطه یکسان در سیستم جمع‌آوری شوند. بنابراین، رویه نگهداشت باید دستورالعمل‌های دقیقی در مورد محل و روش جمع‌آوری نمونه‌ها فراهم کند. بهتر است اپراتورهایی که از تجهیزات استفاده می‌کنند، نمونه‌ها را جمع‌آوری کنند.

به طور معمول، برای بیشتر دارایی‌ها، آنالیز روغن باید در بازه های زمانی فصلی، سالیانه یا براساس ۲۰۰۰/۵۰۰ ساعت کارکرد انجام شود. زمان بندی آنالیز باید براساس کاربرد، اهمیت و هزینه دارایی تنظیم شود. برای دستگاه‌هایی که مشکلات جدیدی از خود نشان می‌دهند، آنالیز روغن باید در فواصل زمانی کوتاه تر انجام شده، در مورد دستگاه‌هایی که تحت شرایط یکسان کار می‌کنند و به صورت پیوسته استفاده نمی‌شوند، در فواصل زمانی طولانی تر انجام شود. توصیه می‌شود پس از تعمیر دستگاه یا تعویض روغن، آنالیز مبنای جدید انجام شود.

¹²² Rotating Bomb Oxidation Test

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

گریس معمولاً به صورت دوره‌ای آنالیز نمی‌شود. اگرچه بیشتر آزمایش‌هایی که روی روغن انجام می‌شود، روی گریس هم قابل انجام هستند، ولی به دست آوردن نمونه نماینده معمولاً دشوار است. ممکن است برای به دست آوردن نمونه‌ای که ترکیب همگنی از گریس، آلاینده‌ها و فرسایش باشد، مجبور شویم دستگاه را کاملاً باز کنیم.

برنامه کنترل آلودگی روغن. یکی از نگرانی‌های مشترک برای همه دستگاه‌هایی که سیستم روغن روانکار دارند، دور نگاه داشتن آلودگی و رطوبت از سیستم است. اجزای معمول تشکیل دهنده آلودگی، مانند سیلیس، ساینده بوده، فرسایش سطوح تماسی را تسریع می‌کنند. در سیستم‌های هیدرولیکی، ذرات آلاینده می‌توانند باعث انسداد و سایش لقی‌ها^{۱۲۳} بسته اجزای متحرک شوند. حضور آب در روغن باعث اکسیداسیون می‌شود. آب همچنین با مواد افزودنی روغن واکنش داده، که عملکرد سیستم روانکاری را تخریب می‌کند. بهترین حالت این است که هیچ گردوغبار و آبی در روانکار نباشد؛ البته این اتفاق ممکن نیست. بنابراین، برنامه آنالیز روغن باید آلودگی را پایش و کنترل کند.

آنالیز روغن یک ابزار قابل اطمینان در نگهداشت پیش‌بینانه است و در شناسایی آلاینده‌های روغن، ناشی از ورود گردوغبار یا ذرات فرسایشی داخلی ایجاد شده در اثر استهلاک و فرسایش تجهیز، بسیار مؤثر است. افزایش سطح آلاینده‌ها فرآیند خرابی همه اجزا در تجهیزات صنعتی را شتاب می‌دهد. تمیزی روغن با استفاده از استاندارد ایزو ۴۴۰۶ اندازه‌گیری می‌شود. هر یک واحد افزایش در عدد سطح آلاینده‌های ایزو، به این معنی است که مقدار آلاینده‌ها در روغن تقریباً دو برابر می‌شود. اگر استاندارد ۱۱/۱۴/۱۶ باشد، در آن صورت افزایش آلاینده‌ها در روغن برای ۱۷/۲۱/۲۲ به این معنی خواهد بود که روغن حدود ۶۴ برابر آلوده‌تر از حالت استاندارد است.

آلودگی‌ها در روغن‌ها قابل پیشگیری هستند. فیلتراسیون خوب در سمت برگشت واحدهای قدرت هیدرولیک به تخلیه ذرات کثیف و سایر ذرات ورودی کمک خواهد کرد. معمولاً فیلتراسیون ۳ میکرون با نسبت بتا^{۱۲۴} ۲۰۰ استاندارد مناسبی برای بیشتر دستگاه‌ها است.

سیستم‌های بزرگ دارای فیلتر، سطوح ثابتی از آلودگی خواهند داشت. افزایش آلاینده‌ها نشانگر وجود عیب در یکپارچگی سیستم (نشستی در آب بند کننده‌ها، درها، میدل‌های حرارتی و غیره) یا استهلاک فیلتر است. استفاده از "هواکش‌ها"^{۱۲۵} در گیربکس‌ها و مخازن سیستم‌های هیدرولیک، یک راهکار برتر برای کنترل آلودگی است. سیستم‌های بدون فیلتر، در طول عملیات، افزایش ثابتی را در میزان آلاینده‌ها نشان خواهند داد. اپراتورها می‌توانند به صورت هفتگی بازرسی چشمی و بویایی از سیستم‌های روانکاری انجام داده، نخستین اخطار آلودگی را اعلام کنند. ممکن است حجم روغن در برخی سیستم‌های روانکاری بیرینگ‌ها آن قدر کم باشد که کنترل هفتگی آنها مقرون به صرفه نباشد.

¹²³ tolerances

^{۱۲۴} نسبت بتا (beta ratio) بازدهی فیلتراسیون برای یک اندازه مشخص ذرات را نشان می‌دهد. به طور ساده، نسبت بتا برابر است با تعداد ذرات در بالادست (قبل از فیلتر) تقسیم بر تعداد ذرات در پایین دست (بعد از فیلتر) – مترجم

¹²⁵ Air Breathers

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

یک برنامه پایه ای کنترل آلودگی روغن می تواند در سه مرحله پیاده سازی شود:

۱. تعیین سطوح تمیزی روغن هدف برای هر سیستم.
۲. انتخاب و نصب تجهیزات فیلتراسیون (یا ارتقای رتبه فیلتر کنونی) و تکنیک های حذف آلودگی برای دستیابی به سطوح تمیزی هدف.
۳. پایش تمیزی روغن در بازه های زمانی منظم برای دستیابی به سطوح تمیزی هدف.

اجرای یک برنامه کنترل کیفیت برای روغن ورودی، یک راهکار برتر است. یک استاندارد حداقل تمیزی روغن (بر مبنای ایزو) برای همه روغن ها، جدید یا قدیمی، پیش از استفاده در ماشین آلات، تعیین کنید.

پایش وضعیت الکتریکی

پایش وضعیت الکتریکی شامل چندین فناوری و تکنیک است که برای ارزیابی جامع سیستم های الکتریکی استفاده می شوند. تجهیزات الکتریکی بخش عمده ای از سرمایه گذاری یک تأسیسات صنعتی را تشکیل می دهند. عملکرد کارآمد سیستم های الکتریکی، از سیستم توزیع برق تا موتورهای الکتریکی، برای حفظ توان عملیاتی تأسیسات صنعتی بسیار حیاتی است.

پایش پارامترهای الکتریکی کلیدی، اطلاعات لازم را برای تشخیص و تصحیح عیوب الکتریکی، مانند اتصالات با مقاومت بالا، عدم تعادل فاز و خرابی عایق فراهم می کند. عیوب سیستم های الکتریکی به ندرت قابل مشاهده هستند. بنابراین، به دلیل افزایش مصرف برق و افزایش نگرانی های ایمنی، این گونه عیوب پرهزینه هستند. هزینه ها شامل مسایل مربوط به هزینه های چرخه عمر، به دلیل تعویض زودهنگام دارایی های گران قیمت، هستند. طبق مطالعات موسسه تحقیقات برق (EPRI)^{۱۲۶}، عدم تعادل ولتاژ حتی به مقدار ۵ درصد در مدارهای قدرت موتور، باعث کاهش ۵۰ درصدی عمر متوسط و کارایی موتورهای AC سه فاز خواهد شد. افزایش ۲.۵ درصدی دمای موتور، در اثر همان عدم تعادل ۵ درصدی ولتاژ، می تواند تخریب عایق را تسریع کند.

دوره های زمانی پایش از چندین هفته تا چند ماه برای فناوری های مختلف، اطلاعات کافی را برای هشدار در مورد خرابی تجهیزات فراهم خواهد کرد. انتظارات خاص در مورد زمان هشدار باید در تعیین دوره های زمانی پایش برای فناوری های مختلف لحاظ شوند.

تا همین اخیراً، فناوری های نگهداشت پیش بینانه برای موتورها محدود به آنالیز ارتعاشات، آزمایش اضافه ولتاژ بالا^{۱۲۷} برای خطاهای سیم پیچ، آزمایش های مگا اهم و پتانسیل بالا برای مقاومت عایقی به زمین و آزمایش های ولتاژ و جریان برای تست تعادل فاز بودند. بسیاری از این آزمون ها هنوز هم جایگاه خود

¹²⁶ Electric Power Research Institute

¹²⁷ high voltage surge testing

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

را در نگهداشت کارخانه دارند، ولی برخی از آنها، اگر روی موتورهای در حال کار انجام شوند، خطرناک یا مضر هستند.

فناوری های جدید امکان آزمایش های قابل حمل، ایمن و با قابلیت رصد روند تغییرات را، برای عیب یابی دقیق تر یا شناسایی مناطق مشکل دار، فراهم می کنند. هر یک از این فناوری ها نقاط قوت و ضعف خود را دارد. ولی به عنوان بخشی از یک برنامه CBM، می توانند عیوب بالقوه را با دقت تشخیص داده، مانع از کار افتادگی های پرهزینه شوند.

ارزیابی تجهیزات الکتریکی را می توان به دو دسته ارزیابی برخط/تست و برون خط (آفلاین) تقسیم کرد. پایش برخط/تست، اندازه گیری همه جنبه های تجهیزات الکتریکی در هنگام کار و عملیات آنها است. آزمون برون خط معمولاً با القای ولتاژ یا جریان به تجهیزات و انجام اندازه گیری های الکتریکی انجام شده، نیازمند قطع برق تجهیزات و قطع کامل ارتباط آنها با مدار اصلی شان است. هر دوی این آزمون ها در ارزیابی یک سیستم الکتریکی بسیار ارزشمند هستند؛ در اکثر موارد، آنها خطاها یا مشکلات بالقوه مختلفی را تشخیص می دهند، به این معنی که بسیاری از پایش های آنلاین/تست نمی توانند جایگزین تست های برون خط شوند و برعکس.

پایش برخط پیوسته است، در حالی که آزمون بر خط اندازه گیری هایی را در فواصل زمانی دوره ای انجام می دهد. برخی از مثال های پایش بر خط شامل آنالیز گازهای محلول برای ترانسفورماتورها، پایش دما برای موتورها و ترانسفورماتورها، کیفیت توان و تخلیه جزئی هستند. مثالی از آزمون بر خط، تحلیل اثر جریان است، که می تواند میله های روتور معیوب و خارج از مرکز بودن فاصله هوایی در موتورهای قفس سنجابی^{۱۲۸} را تشخیص دهد. تحلیل اثر جریان همچنین قادر است نابالانسی مکانیکی، مشکلات درگیری دنده ها، پره های فن شکسته، مسایل بیرینگ و هر نوع مشکل دیگری را تشخیص دهد که باعث نوسانات گشتاوری شده، تغییراتی در یکنواختی جریان ایجاد می کند. در حال حاضر، برخی از خطاهای مکانیکی مانند آسیب بیرینگ از طریق آنالیز ارتعاشات راحت تر شناسایی می شوند. همه آزمون های بر خط می توانند به پایش پیوسته تبدیل شود، ولی مقدار داده های بدست آمده و هزینه تجهیزات تست بر خط باعث می شود که در برخی موارد دستگاه های قابل حمل و آزمون دوره ای انجام شدنی تر باشند.

بیشتر آزمون های برون خط اغلب شامل ارزیابی عایق تجهیزات هستند. آزمون های دیگر، مانند اندازه گیری مقاومت کم اهم، جنبه های دیگر تجهیز مانند اتصالات با مقاومت بالا را بررسی خواهند کرد. آزمون های متنوعی با استفاده از سیگنال های AC، سیگنال های DC و سیگنال های فرکانس متغیر در دسترس هستند. معمول ترین آزمون های نگهداشت عایق، آزمون های مقاومت عایقی DC، آزمون ولتاژ گام، آزمون های پتانسیل بالا، آزمون های اتلاف/فاکتور توان و تست نسبت دوره های ترانسفورماتور هستند. توجه کنید که آزمون های عایق به عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و آلودگی یا تمیزی عایق

¹²⁸ squirrel cage motors

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

حساس هستند. تست عایق ها یک راهکار استاندارد صنعتی بوده، برای تعیین وضعیت عایق الکتریکی بسیار حیاتی است.

فناوری های معرفی شده در زیر هم برای آزمون پذیرش و صدور گواهی برای سیستم های جدید مؤثر هستند.

اندازه گیری جریان موتور. متصل کردن آمپرسنج کلمپی امکان قرائت اطلاعات واقعی حین عملکرد موتور را فراهم می کند. در تجهیزات سه فاز، مقایسه جریان فازها می تواند وضعیت عدم تعادل فاز را نشان دهد.

تحلیل اثر جریان موتور (MCSA)^{۱۲۹}. MCSA با اندازه گیری جریان و تحلیل آن با استفاده از تبدیل فوریه انجام می شود. هدف اصلی این تست تشخیص خطا در میله های روتور است، ولی برای شناسایی خطاهای روتور و مشکلات کیفیت برق و همچنین دیگر نقایص موتور و بار در مراحل بعدی شکست هم کاربرد دارد. در طول آزمون ها، موتور باید متصل به برق و زیر بار باشد. MCSA یک روش اثبات شده برای تشخیص وجود میله های روتور شکسته یا دارای ترک یا اتصالات با مقاومت بالا در حلقه های پایانی است. طیف های جریان موتور در دامنه های زمان و فرکانس با یک آمپر متر کلمپی و تحلیل گر تبدیل فوریه سریع (FFT)^{۱۳۰} جمع آوری می شوند. مشکلات میله روتور به عنوان باندهای کناری^{۱۳۱} در اطراف فرکانس خط تغذیه برق ظاهر می شوند. MCSA شدت باندهای کناری را که اطراف فرکانس خط اتفاق می افتند، ارزیابی می کند.

آزمون پتانسیل بالای جریان متناوب (HiPot). آزمون HiPot با اعمال ولتاژی به اندازه دو برابر ولتاژ عملیاتی به اضافه ۱۰۰۰ ولت به سیم پیچ های موتور برای تست سیستم عایقی انجام می شود. این معمولاً یک تست "بله / نه" است. تست HiPot هم روی موتورهای جدید و هم موتورهای بازسازی شده انجام می شود. این تست سیستم های عایقی را تحت تنش قرار داده، می تواند باعث شکست زودرس در موتورهای دارای شرایط مرزی شود. به همین دلیل، تست HiPot جریان متناوب به عنوان یک تکنیک مرسوم پایش وضعیت توصیه نشده، بلکه به عنوان یک تست پذیرش استفاده می شود.

آزمون مقایسه ی افزایش ولتاژ لحظه ای^{۱۳۲}. از نوسانات ولتاژ بالا برای شناسایی خطاهای سیم پیچ استفاده می کند. به دلیل اثرات بالقوه مخرب ولتاژ بالا روی سیم پیچ ها و کابل های استفاده شده، این آزمون فقط باید توسط افراد مجرب انجام شود. همچنین، به دلیل تأثیرات روتور روی مدار موتور، چالش هایی هم برای تست موتورهای مونتاژ شده وجود دارد. موتور مورد تست باید خاموش شده، کنترل های آن قطع شوند.

¹²⁹ Motor Current Signature Analysis

¹³⁰ Fast Fourier Transform

¹³¹ side-bands

¹³² Surge Comparison Testing

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تست افزایش ولتاژ لحظه ای از دو عدد خازن و یک اسیلوسکوپ (نوسان نما) استفاده می کند تا وضعیت سیم پیچ های موتور را مشخص کند. این روش، یک آزمون مقایسه ای است که اختلاف بین خوانش های نوسان های ولتاژی یکسان را روی دو سیم پیچ به طور همزمان ارزیابی می کند. این تست در اصل یک تست پذیرش بله / نه است. داده های مقایسه ای شکل موج ها بین دو فاز، وضعیت نسبی این دو فاز را در مورد اتصال های کوتاه نشان می دهند. داده های قرائت شده برای یک موتور خاص می تواند در طول زمان تغییر کند، ولی تنش گذاری تکرار شونده روی سیستم عایقی توصیه نمی شود.

امپدانس مختلط رسانا^{۱۳۳}. مقاومت کلی یک رسانا برابر مجموع مقاومت آن، امپدانس خازنی و امپدانس الکترومغناطیسی آن است. اندازه گیری دقیق امپدانس رسانا امکان می دهد که مشکلات کوچک در موتور پیش از شکست آن تشخیص داده و رفع شوند. با اندازه گیری ظرفیت الکتریکی (خازنی)^{۱۳۴} بین هر فاز و زمین، وضعیت سیستم عایقی مشخص می شود. وجود رطوبت (یا سایر مواد رسانا) باعث شکل گیری یک خازن شود، به این صورت که رسانا به عنوان یک صفحه، عایق به عنوان ماده غیرهادی (دی الکتریک) و آلاینده به عنوان صفحه دوم خازن عمل می کنند. حفظ تعادل فاز مناسب، برای عملکرد کارآ و همچنین دستیابی به عمر مفید کامل تجهیزات الکتریکی بسیار مهم است.

آزمون سنجش مگا اهم. از یک ابزار اندازه گیری دستی برای اندازه گیری مقاومت عایقی فاز به فاز یا فاز به زمین یک مدار الکتریکی استفاده می شود. مقادیر قرائت شده باید با توجه به دما تصحیح شوند تا بتوان روند تغییرات اطلاعات را رصد کرد، زیرا دمای سیم پیچ ها روی نتایج آزمایش اثر می گذارد. ضریب قطبیت مفهوم دیگری است که اطلاعاتی در مورد تمیزی سیم پیچ های موتور یا ژنراتور می دهد. این شاخص نسبت مقاومت عایقی است که برای ۱۰ دقیقه اندازه گیری می شود به مقدار مقاومت عایقی که برای ۱ دقیقه اندازه گیری می شود. از آنجا که این شاخص، یک نسبت است، هیچ واحدی ندارد. نسبت قطبیت = مقاومت عایقی پس از ۱۰ دقیقه / مقاومت عایقی پس از ۱ دقیقه

حداقل مقدار توصیه شده برای ضریب قطبیت برای موتورها و ژنراتورهای AC و DC برابر با ۲۰۰ است. دستگاه هایی که سیم پیچ های آنها ضریب قطبیت کمتری دارند، کمتر مناسب استفاده هستند. روش تعیین ضریب قطبیت با جزئیات در استاندارد IEEE شماره ۴۳ توضیح داده شده است.

آزمون بازتاب سنجی دامنه زمانی (TDR)^{۱۳۵}. در این آزمون، یک ولتاژ اسپایک (کوتاه مدت و با فرکانس بالا) از طریق یک رسانا ارسال می شود. هر ناپیوستگی در مسیر رسانا، یک نوسان بازتابشی تولید می کند. نوسان بازتابشی و تفاوت زمانی بین پالس اولیه و دریافت نوسان بازتابشی، محل ناپیوستگی را نشان می دهند.

¹³³ Conductor complex Impedance

¹³⁴ capacitance

¹³⁵ Time Domain Reflectometry

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

پایش با امواج رادیویی (RF)¹³⁶. از آن برای تشخیص جرقه هایی استفاده می شود که در اثر شکستگی در سیم پیچ های ژنراتورها ایجاد می شوند. این آزمون شامل برقراری سطوح پس زمینه RF و روند تغییرات دامنه بزرگی در یک باند فرکانسی باریک است.

ضریب توان و اعوجاج هارمونیک¹³⁷. حفظ ضریب توان بهینه، بهره‌وری کارآمد از توان الکتریکی را بیشینه می کند. ضریب توان عبارت از نسبت توان واقعی به توان واکنشی مصرفی است. ثبات های داده¹³⁸ دو کاناله برای تعیین رابطه فاز بین ولتاژ و جریان و سپس محاسبه ضریب توان استفاده می شوند. اگر در این فرآیند یک ضریب توان پایین تشخیص داده شود، به تحلیل مهندسی بعدی برای ارائه راهکار بهبود ضریب توان سیستم نیاز خواهد بود.

کاربرد فناوری های گوناگون در دارایی های الکتریکی. دارایی های الکتریکی خاصی که می توانند با فناوری های CBM پایش شوند عبارتند از:

- کابل های توزیع انرژی الکتریکی: سنجش مگا اهم، بازتاب سنجی دامنه زمانی، پتانسیل بالای جریان متناوب، ترموگرافی مادون قرمز (IRT) و فراصوتی هوایی.
- سویچ گیر و کنترل کننده های توزیع انرژی الکتریکی: زمان بندی، بازرسی چشمی، IRT و فراصوتی هوایی.
- ترانسفورماتور توزیع انرژی الکتریکی: آنالیز روغن، نسبت دور، ضریب توان و اعوجاج هارمونیک.
- موتورهای الکتریکی: تغییرات جریان، تحلیل طیف جریان موتور، تحلیل مدار موتور، سنجش مگا اهم، پتانسیل بالای جریان متناوب، آزمون سرچ¹³⁹، امپدانس مختلط رسانا، جریان راه اندازی و زمان Coast-Down.
- ژنراتورها: مگا اهم متر، RF و زمان Coast-Down.

محدودیت های فناوری

فناوری هایی که در مورد آنها بحث شد، به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

- **برق دار**. این فناوری ها می توانند به صورت ایمن اطلاعاتی درباره ی سیستم های برق دار ارائه دهند و نیاز دارند که سیستم برق دار و در حال کار باشد. این فناوری ها شامل IRT، فراصوت، قرائت جریان موتور، جریان راه اندازی، تحلیل طیف جریان موتور، RF، فاکتور توان و اعوجاج هارمونیک هستند.

¹³⁶ Radio Frequency

¹³⁷ Harmonic Distortion

¹³⁸ data-loggers

¹³⁹ surge test

• **بدون برق.** برای استفاده ی ایمن از این فناوری ها باید برق سیستم قطع باشد. این فناوری ها شامل تست سرج، آزمون پتانسیل بالای جریان متناوب، بازتاب سنجی دامنه زمانی (TDR)، سنجش مگا اهم، تحلیل مدار موتور، آنالیز روغن ترانسفورماتور، نسبت دور و امپدانس مختلط رسانا هستند. هر فناوری نیازمند شرایط اولیه مشخصی است که باید پیش از انجام آزمایش آماده شوند. به عنوان مثال، پیش از بررسی IRT، تجهیزات معمولاً از طریق تابلوی برق راه اندازی می شوند تا تجهیزات توزیع به دمای عادی عملیاتی برسند. بار بالاتر مسایل و مشکلات را برجسته می کند. انجام بررسی در شرایط بارگذاری کم ممکن است باعث بی توجهی به یک مشکل شود. تست های سرج و پتانسیل بالای جریان متناوب با احتیاط باید انجام شوند. ولتاژ بالایی که در این آزمایش ها به کار می رود ممکن است باعث شکست زودرس تجهیزات مورد آزمایش شود. به همین دلیل، این آزمایش ها به طور معمول فقط به عنوان آزمون پذیرش انجام می شوند و استفاده پایش وضعیت ندارند.

سایر آزمون های غیرمخرب

آزمون های غیرمخرب (NDT) ویژگی های مواد و کیفیت قطعات یا مجموعه های گران قیمت راف بدون تخریب محصول یا کارکرد آن، ارزیابی می کنند. به طور معمول، NDT با جوشکاری قطعات بزرگ با تنش بالا مانند مخازن تحت فشار و تکیه گاه های سازه ای مرتبط است. کارخانه های فرآیندی مانند پالایشگاه ها یا کارخانه های مواد شیمیایی از تکنیک های NDT استفاده می کنند تا از یکپارچگی مرزهای فشاری سیستم هایی اطمینان حاصل کنند که برای پالایش مواد فرار و سبک استفاده می شوند. روش های گوناگون NDT در ادامه معرفی می شوند.

رادیوگرافی. رادیوگرافی برای شناسایی عیوب زیرسطحی انجام می شود. رادیوگرافی یا پرتوی ایکس^{۱۴۰} یکی از قدرتمندترین تکنیک های NDT در صنعت است. با توجه به قدرت منبع پرتو، رادیوگرافی می تواند تصویر واضحی (رادیوگراف) از ناپیوستگی ها یا ناخالصی ها در موادی با ضخامت چندین اینچ ارائه دهد. فیلم حساس به پرتوی ایکس یا گاما روی یک سطح از ماده ی مورد بررسی قرار می گیرد. منبع پرتو در سمت مقابل قرار می گیرد. منبع ممکن است یک تشعشع کننده گامای طبیعی یا یک تشعشع کننده برقی پرتوی ایکس باشد. منبع، برای حصول اطمینان از زاویه ی مناسب تابش پرتو از داخل جسم، به صورت دقیق تنظیم می شود. هنگامی که همه آمادگی ها و احتیاط های ایمنی انجام شد، منبع پرتو روشن شده یا از حفاظ خود خارج می شود.

رادیوگرافی، ابزار چندمنظوره ای است، ولی به دلیل خطرات بالقوه برای سلامت کارکنان، محدودیت هایی دارد. استفاده از رادیوگرافی معمولاً نیازمند انتقال قطعه به یک منطقه ی محفوظ است. یا اینکه لازم

¹⁴⁰ X-ray

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

است کارکنان از نزدیکی منطقه تست خارج شوند تا در معرض منبع پرتوی قدرتمند موردنیاز برای نفوذ در چندین اینچ مواد چگال قرار نگیرند.

آزمون آلتراسونیک (تصویربرداری). تصویربرداری آلتراسونیک، امکان شناسایی عیوب زیرسطحی عمیق را فراهم می‌کند. بازرسی آلتراسونیک جوش‌ها و مواد پایه، اغلب یک روش NDT جایگزین یا تکمیلی برای رادیوگرافی است. اگرچه این روش وابستگی بیشتری به مهارت اپراتور دارد، ولی برخلاف رادیوگرافی، بازرسی آلتراسونیک، پرتوی مضر تولید نمی‌کند. بازرسی آلتراسونیک بر پایه‌ی تفاوت در خواص بازتابی موج عیوب و مواد پیرامونی آن استوار است. یک سیگنال آلتراسونیک از طریق یک مبدل به ماده مورد بازرسی اعمال می‌شود. سرعت و شدت انتقال یا بازتابش سیگنال به مبدل، یک نمایش گرافیکی از عیوب یا ناپیوستگی‌های موجود در ماده فراهم می‌کند.

بدلیل زمان و تلاش موردنیاز برای آماده سازی سطح و آزمایش، بازرسی‌های آلتراسونیک اغلب روی نمونه‌هایی از موادی انجام می‌شود که تحت سطوح تنش بالا، مناطق خوردگی بالا و جوشکاری‌های بزرگ قرار گرفته‌اند.

آزمون ذرات مغناطیسی (MPT)^{۱۴۱}. این آزمون، شناسایی عیوب زیرسطحی کم‌عمق را با استفاده از تشخیص ذرات مغناطیسی فراهم می‌کند. این روش برای بازرسی محلی محدوده‌های جوش و مناطق تحت تنش یا خستگی بالا بسیار مفید است. MPT قابلیت شناسایی عیوب زیرسطحی کم‌عمق را فراهم می‌کند. دو الکتروود با فاصله چند اینچ از همدیگر روی سطح ماده‌ای که باید بررسی شود، قرار می‌گیرند. سپس یک جریان الکتریکی بین الکتروودها برقرار می‌شود که خطوط مغناطیسی را ایجاد می‌کند. در هنگام اعمال جریان، پودر یا جوهر آهن در ناحیه مورد نظر پاشیده می‌شود. آهن با خطوط شار مغناطیسی همراستا می‌شود. هرگونه عیب در ناحیه مورد نظر، باعث اعوجاج خطوط شار مغناطیسی شده، از طریق همراستا شدن ذرات پودر قابل مشاهده می‌شود. آماده‌سازی سطح مهم است، زیرا پودر به طور مستقیم روی سطح فلزی پاشیده می‌شود و ممکن است عیوب سطحی بزرگ با علایم عیوب زیرسطحی تداخل پیدا کنند. همچنین، تماس و قرارگیری مناسب الکتروودها هم، برای تضمین پایداری قدرت خطوط شار مغناطیسی، مهم است.

یک مزیت اصلی MPT قابل حمل بودن و سرعت بالای آزمایش است. الکتروودهای قابل حمل، امکان تغییر جهت آزمایش را در چند ثانیه فراهم می‌کنند. این ویژگی، امکان می‌دهد که بتوان عیوب را در چند محور مختلف بازرسی کرد. می‌توان چندین محل را به سرعت و بدون ایجاد اختلال در کار بازرسی کرد. تجهیزات این آزمون قابل حمل هستند و برای کاربردهای محلی یا در محل ترجیح دارند. نتایج بازرسی‌های MPT را می‌توان با عکس‌های با کیفیت بالا ثبت کرد.

¹⁴¹ Magnetic Particle Testing

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

آزمون هیدرواستاتیک. آزمون هیدرواستاتیک یکی از روش های دیگر NDT برای شناسایی عیوبی است که به طور کامل به مرزهای فشار نفوذ می کنند. آزمون هیدرواستاتیک معمولاً پیش از تحویل یا بهره برداری از سیستم ها و زیرسیستم های کاملی انجام می شود که به عنوان مرزهای فشار عمل می کنند. در طول آزمون هیدرواستاتیک، سیستم مورد آزمایش با آب یا سیال مناسب دیگری پر می شود. سیستم سپس آب بند شده، فشار به حدود ۱.۵ برابر فشار عملیاتی افزایش می یابد.

این فشار برای یک دوره زمانی مشخص نگه داشته می شود. در طول آزمایش، بازرسی هایی برای یافتن نشت های قابل مشاهده و پایش کاهش فشار احتمالی و افزودن آب جبرانی انجام می شود. اگر مقدار کاهش فشار خارج از مشخصات باشد، هرگونه نشتی باید شناسایی و تعمیر شود. آزمون هیدرواستاتیک می تواند با گازهای فشرده هم انجام شود. این نوع از آزمون معمولاً به نام تست نشت هوا شناخته شده، اغلب برای آزمایش یکپارچگی سامانه های حاوی هوا یا گازهای با فشار بالا استفاده می شود.

آزمون جریان گردابی^{۱۴۲}. این آزمون برای شناسایی عیوب سطحی و زیرسطحی کم عمق استفاده شده، به نام آزمون الکترومغناطیسی القایی هم شناخته می شود. این آزمون یک روش قابل حمل و پایدار برای شناسایی عیوب سطحی و زیرسطحی کم عمق ارائه می دهد. این تکنیک قابلیت بازرسی سریع قطعات فلزی را برای تشخیص عیوب یا همگنی^{۱۴۳} سیستم دارد. با اعمال سیگنال های AC با فرکانس بالا از طریق کویل های نزدیک به سطح ماده مورد آزمایش، جریان های القایی در مواد رسانا القا می شوند. هرگونه ناپیوستگی در ماده که روی رسانایی الکتریکی یا نفوذپذیری مغناطیسی آن تأثیری گذارد، بر نتایج آزمایش اثر خواهد داشت. هنگام تحلیل نتایج این تست، هندسه قطعات نیز باید مدنظر قرار گیرد.

چرا باید برنامه CBM داشته باشیم؟

نگهداشت مبتنی بر وضعیت می تواند:

- هشدار بموقعی در مورد بیشتر مشکلات بدهد تا شکست های غیرمنتظره، ریسک و پیامدهای خرابی های متناظر آنها و اثرات منفی آنها روی ایمنی، عملیات و محیط زیست را کاهش دهیم. در نتیجه باعث کاهش تعداد اقدامات اصلاحی می شود.
- بهره وری و عمر تجهیزات را افزایش دهد؛ در عین حال اختلال در مأموریت و برنامه ریزی کار را کمینه کند. باعث کاهش زمان از کار افتادگی دارایی و فرآیند شده، منجر به افزایش قابلیت دسترسی شود.
- هزینه های نگهداشت (قطعات و کار) را کاهش دهد.
- تعداد قابل ملاحظه ای از فعالیت های نگهداشت پیشگیرانه مبتنی بر تقویم/کارکرد را کاهش دهد.

¹⁴² Eddy Current Testing

¹⁴³ homogeneity

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- هزینه و خطرات احتمالی مربوط به تعمیرات اساسی، باز کردن و بازرسی های پیشگیرانه غیرضروری روی دارایی ها را کمینه کند.
- احتمال اینکه قطعات تا عمر بهینه شان کار کنند را افزایش دهد. در برخی موارد، تعویض پیش از پایان عمر، انتخاب کارآمدتری برای برآورده کردن نیازهای عملیاتی و دستیابی به هزینه بهینه است.
- نیاز به قطعات یدکی اضطراری را کاهش دهد.
- آگاهی از شرایط دارایی را افزایش دهد.
- اطلاعات حیاتی را برای بهبود مستمر، برنامه ریزی کار و پشتیبانی فراهم کند.
- ایمنی کارگران را بهبود ببخشد.
- صرفه جویی در مصرف انرژی را افزایش دهد.

با این حال، نگهداشت مبتنی بر وضعیت نمی تواند:

- عیوب و مشکلات را حذف کند یا استهلاک دارایی ها را متوقف کند.
- همه نگهداشت پیشگیرانه را حذف کند.
- به طور قابل اطمینان و اثربخشی در مورد شکست های خستگی هشدار دهد.
- بدون تعهدی به حذف عیوب و مشکلات مزمن، نیروی انسانی را کاهش دهد یا کاهش قابل توجهی در هزینه های نگهداشت چرخه عمر دارایی ایجاد کند.

CBM لزوماً یک "حل جادویی" نیست. برخی از شکست های بالقوه، مانند خستگی یا فرسایش یکنواخت یک فن بلوئر، به راحتی با اندازه گیری های مبتنی بر وضعیت شناسایی نمی شوند. در موارد دیگر، ممکن است حسگرها نتوانند در محیط عملیاتی تجهیز فعال باقی بمانند؛ در نتیجه، ممکن است اندازه گیری برای ارزیابی وضعیت بسیار دشوار بوده، نیازمند اصلاحات بزرگی روی دارایی باشد.

۶.۸ سایر استراتژی های نگهداشت

وظایف نگهداشت برای پیشگیری از شکست ها

یک دارایی با توجه به طراحی خود، یک طول عمر مشخص دارد. عمر طراحی شده برای اکثر دارایی ها نیازمند نگهداشت دوره ای است. به عنوان مثال، تسمه پروانه ها و زنجیرها باید تنظیم شوند؛ همراستایی شفت هایی مانند شفت های پمپ – موتور باید به خوبی نگهداری شوند؛ فیلترها باید در فواصل زمانی منظم تعویض شوند؛ تجهیزات دوار نیاز به روانکاری مناسب دارند؛ و غیره. در برخی موارد، قطعات خاصی باید پس از تعداد مشخصی ساعت کار تعویض شوند، به عنوان مثال تعویض بیرینگ یک پمپ در یک سیستم هیدرولیک، برای اطمینان از اینکه سیستم در طول عمر طراحی خود فعال باقی می ماند. هر زمان

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

که ما وظایف نگهداشت را انجام نمی‌دهیم، ممکن است عمر عملیاتی دارایی را کوتاه کنیم. در چهل سال گذشته، رویکردهایی با اثربخشی هزینه ای بالا توسعه داده شده اند تا تضمین کنند که یک دارایی به عمر طراحی خود برسد یا از آن عبور کند. به جای اینکه منتظر خرابی دارایی‌ها شویم و سپس آنها را تعمیر کنیم، اقدامات نگهداشت برای نگاه داشتن دارایی‌ها در وضعیت عملیاتی خوب و تأمین تولید مستمر انجام می‌شوند.

زمانی که یک دارایی از کار می‌افتد، در انجام کارکرد مورد نظر شکست خورده، عملیات زمان بندی شده را دچار اختلال می‌کند. از دست دادن کارکرد - جزیی یا کامل - ممکن است منجر به قطعات معیوب، کاهش سرعت، کاهش خروجی و شرایط ناایمن شود. به عنوان مثال، فرسایش یا آسیب کوچکی در پره یک پمپ، که خروجی را کاهش می‌دهد، یک شکست کاهش دهنده کارکرد است. شکست های مختل کننده یا کاهنده عملکردی که به آنها توجه کافی نمی‌شود، اگر اقدامی برای آنها انجام نشود، به زودی به توقف دارایی منجر خواهند شد.

بسیاری از ناهنجاری‌هایی مانند ترک‌ها، تغییر شکل ها، شل شدن ها، نشی ها، خوردگی، سایش، خراشیدگی، گرمای بیش از حد، صدای بیش از حد و ارتعاش بیسش از حد، نشانه‌های مشکلات قریب الوقوع است. گاهی این ناهنجاری‌ها، به دلیل اندازه کم شان یا این تصور که چنین ناهنجاری‌هایی موجب هیچ خرابی عمده‌ای نمی‌شوند، نادیده گرفته می‌شوند. تمایل به نادیده گرفتن ناهنجاری‌های کوچک ممکن است به شکست های فاجعه‌باری منجر شود. غیر معمول نیست اگر کارکنان تولید در پاسخ به نگرانی از "وضعیت دما یا ارتعاش بالا" در یک دارایی این پرسش را مطرح کنند که چه مدت می‌توانند به تولید ادامه دهند.

مشاهده شده است که درصد بالایی از شکست ها در زمان راه‌اندازی و خاموش کردن اتفاق می‌افتند. با این حال، شکست دارایی‌ها همچنین ممکن است به دلیل نگهداشت نامناسب باشد. عللی که نادیده گرفته می‌شوند به عنوان "ناهنجاری‌های پنهان" شناخته می‌شوند. کلید رسیدن به خرابی صفر، کشف و رفع این ناهنجاری‌های پنهان است، پیش از اینکه شکست واقعا اتفاق بیفتد. این موضوع، مفهوم بنیادین نگهداشت، به ویژه نگهداشت پیشگیرانه و نگهداشت مبتنی بر وضعیت / پیش‌بینانه است.

نگهداشت پیشگیرانه (PM)

نگهداشت پیشگیرانه به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که براساس برنامه زمان بندی روی یک دارایی انجام می‌شوند. برنامه زمان بندی می‌تواند براساس زمان یا براساس زمان کارکرد یا تعداد چرخه‌های دستگاه باشد. این اقدامات برای تشخیص، پیشگیری یا کاهش زوال سیستم و اجزای آن طراحی شده‌اند. هدف از رویکرد نگهداشت پیشگیرانه کمینه کردن زوال سیستم و اجزای آن و در نتیجه حفظ یا گسترش عمر مفید دارایی است.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

نگهداشت پیشگیرانه، نگهداشت برنامه ریزی شده دارایی ها است که برای بهبود عمر دارایی و جلوگیری از فعالیت های نگهداشت بدون برنامه انجام می شود. PM شامل تمیز کردن، تنظیم و روانکاری، همچنین تعویض قطعات کوچک است تا عمر دارایی ها و تأسیسات را افزایش دهد. هدف آن کاهش شکست ها است. نباید اجازه داد هیچ دارایی یا تأسیساتی به نقطه شکست برسد، مگر اینکه برای آن دارایی استراتژی «کارکرد تا خرابی» انتخاب شده باشد. نگهداشت پیشگیرانه، در ساده ترین شکل آن، می تواند با برنامه سرویس یک اتومبیل مقایسه شود. میزان نگهداشت پیشگیرانه مورد نیاز در یک تأسیسات بسیار متفاوت است. نگهداشت پیشگیرانه می تواند از بازرسی های سطحی و کلی از دارایی ها و تأسیسات، تا اندازه گیری رواداری بیرینگ ها، کنترل همراستایی پمپ و موتور و غیره را شامل شود، در حالی که نواقص دیگر برای اقدامات اصلاحی در آینده ثبت می شوند.

هدف نگهداشت پیشگیرانه می تواند به این شکل خلاصه شود:

- حفظ دارایی ها و تأسیسات در وضعیت عملیاتی قابل قبول با انجام بازرسی نظام مند، شناسایی و اصلاح شکست ها در مراحل اولیه آنها، یا پیش از وقوع آنها یا پیش از تبدیل شدن آنها به یک شکست بزرگ.
- انجام نگهداشت، شامل آزمایش ها، اندازه گیری ها، تنظیم ها و تعویض قطعات، به طور خاص برای پیشگیری از وقوع شکست.
- ثبت وضعیت سلامت دارایی برای تجزیه و تحلیل، که منجر به توسعه وظایف اصلاحی می شود.

نگهداشت پیشگیرانه به طور معمول براساس زمان تقویمی انجام می شود. کارکنان نگهداشت براساس فواصل زمانی ثابت، به عنوان مثال هر سه یا شش ماه یک بار، بازدیدهای دوره ای را برای یک دارایی برنامه ریزی می کنند. اگرچه این روش بهتر از نبود PM است، ولی PM های مبتنی بر زمان روش بهینه برای اجرای برنامه های PM نیستند. این گونه PM ها می توانند منجر به صرف وقت بیش از حد روی یک دارایی شوند. تعداد بسیار زیادی از بازدیدهای مکرر از دارایی ها با گزارش نهایی «بدون داده - ناهنجاری یافت نشد» می تواند به عنوان هزینه های نگهداشت تلف شده در نظر گرفته شود. اگر این اتفاق افتاد، باید دوره زمانی PM بازبینی و تنظیم مجدد شود. با این حال، PM های مبتنی بر زمان روش خوبی برای دارایی هایی با برنامه عملیاتی ثابت مانند عملیات ۷/۲۴ یا ۸۰ ساعت در هفته هستند.

معمولاً گام بعد از PM های مبتنی بر زمان، PM های مبتنی بر چرخه دارایی یا زمان کارکرد (PM مبتنی بر عملیات، نه همان PM مبتنی بر اپراتور) است. به صورت شهودی، این رویکرد معقول است. یک دارایی، اگر استفاده نشده باشد، نیازی به چک شدن مکرر ندارد. به طور کلی، عملکرد واقعی دارایی است که آن را دچار فرسایش می کند. بنابراین چک کردن دارایی پس از زمان مشخصی از کار، برای شناسایی بعضی فرسایش ها مفید است. ممکن است لازم باشد قطعه را تنظیم یا تعویض کنیم.

رازها و شیوه های PM

اگر یک نظرسنجی از متخصصان نگهداشت انجام می دادیم تا مشخص شود که برنامه PM آنها چگونه کار می کند یا اینکه مبنای برنامه آنها چیست، پاسخ ها احتمالاً شامل اطلاعات قطعی و معناداری نخواهد بود. منشأ بیشتر برنامه های PM موجود قابل ردیابی نیست. آن برنامه هایی هم که منشأ آنها قابل ردگیری است، اکثراً منطق قابل درکی ندارند. دلایل زیر معمولاً ه عنوان مبنای یک برنامه PM بیان می شوند:

- **توصیه های سازنده اصلی.** فروشنده / تأمین کننده تجهیزات می گوید "این کار را انجام دهید". مشکل این استدلال این است که توصیه های فروشندگان بیشتر براساس نظر شخصی و ارزیابی خودشان استوار است. ولی فروشنده اغلب نمی داند که تجهیزات چگونه استفاده خواهند شد. تجهیزات ممکن است برای بهره برداری در شرایط پایدار^{۱۴۴} طراحی شده باشند، ولی در کاربرد واقعی ممکن است به صورت دوره ای استفاده باشد. علاوه بر این، فروشندگان از ما می خواهند که همه چیز را کنترل کنیم، چون برای آنها هزینه ای ندارد.

- **تجربه.** این پاسخ رایج ترین جواب برای توجیه وظایف جاری PM است. "این کار برای سال ها به این شکل انجام شده است، پس باید خوب باشد".

- **پیشگیری از شکست.** باور به اینکه همه شکست ها قابل پیشگیری هستند، باعث می شود تصور کنیم که یک تعمیرات اساسی (اورهال) می تواند به کاهش شکست ها کمک کند – بدون درک مکانیزم شکست. ولی استفاده بیش از حد از تعمیرات اساسی می تواند غیر بهره ور باشد. ممکن است باعث شکست هایی شود که پیش از اورهال وجود نداشته اند. برخی از قطعات در اثر طول عمر (پیری) دچار فرسایش می شوند، ولی بسیاری از قطعات از این الگو پیروی نمی کنند. در غیاب مکانیزم های فرسایش یا پیر شدن، پاسخ به مشکلی که وجود ندارد اتلاف هزینه خواهد بود.

- **کارهای ناشیانه.** "بیشتر همیشه بهتر است". بنابراین، اگر امکان انجام کاری روی تجهیزات هست که ویژگی های PM را دارد، باید انجام آن خوب باشد. این باور منجر به روانکاری بیش از حد، یا تمیز کردن تجهیزات در زمانی که حتی نباید لمس شوند، تعویض قطعات هنگامی که قطعه نصب شده در وضعیت خوبی است و غیره می شود.

¹⁴⁴ steady-state

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

• **مقررات.** بسیاری از محصولات و خدمات تحت نظارت یک سازمان نظارتی مانند EPA^{۱۴۵}، FDA^{۱۴۶}، OSHA^{۱۴۷}، NRC^{۱۴۸} یا یک کمیسیون خدمات عمومی قرار دارند. این مقررات ممکن است علی رغم داشتن نیت خوب، وظایف PM ای را تحمیل کنند که برخلاف هدف آنها غیر بهره ور و مضر باشد.

به جای استفاده از دلایل ذکر شده در بالا، یک برنامه PM خوب باید براساس تحلیل FMEA / RCM تعیین شود. علاوه بر این، خطر مهارت ضعیف در انجام وظایف PM هم وجود دارد. معمولاً ریسک می تواند شامل موارد زیر باشد:

- صدمه به دارایی دریافت کننده PM – آسیب در هنگام بازرسی، تعمیر، تنظیم یا نصب قطعه یا مواد جایگزینی که معیوب هستند.
- مونتاژ نادرست یا نصب اشتباه قطعات.
- شکست زودرس قطعات یا مواد جایگزین شده.
- صدمه به تجهیزات / ماشین آلات مجاور در هنگام انجام وظایف PM.

تفکر سنتی این است که هدف نگهداشت پیشگیرانه حفظ کردن دارایی ها است. در ظاهر به نظر می رسد که این منطق صحیح است، ولی مشکل در طرز فکر پشت آن است. در واقع اثبات شده است که این تفکر در بنیان خود نادرست است. تلاش کورکورانه برای حفظ دارایی ها، مشکلات متعددی را به وجود آورده است، مانند محافظه کاری بیش از حد در مورد هرگونه اقدام نگهداشتی که می تواند در اثر اقدامات تهاجمی باعث آسیب شده، در نتیجه شانس خطای انسانی را افزایش دهد. ایرادات دیگر، یکی این طرز فکر است که همه شکست ها برابر هستند و دیگری اینکه فعالیت نگهداشت را فقط به این دلیل انجام دهیم که فرصت انجام آن وجود دارد.

قانون ۱۰ درصد PM

یک برنامه PM باید طبق برنامه اجرا شود. راهکار برتر، استفاده از قانون ۱۰ درصد PM است – یک PM مبتنی بر زمان باید در بازه زمانی ۱۰ درصد از فرکانس برنامه ریزی آن اجرا شود تا در تطابق باشد. بسیاری از سازمان ها از معیار "تطابق PM"^{۱۴۹} برای اندازه گیری عملکرد بخش نگهداشت خود استفاده می کنند.

^{۱۴۵} آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا – Environmental Protection Agency

^{۱۴۶} اداره مواد غذایی و دارویی ایالات متحده آمریکا – Food and Drug Administration

^{۱۴۷} اداره ایمنی و بهداشت شغلی ایالات متحده آمریکا Occupational Safety and Health Administration

–

^{۱۴۸} کمیسیون سامان دهی هسته ای ایالات متحده آمریکا – Nuclear Regulatory Commission

^{۱۴۹} PM compliance

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

اگر یک دارایی در برنامه نگهداشت پیشگیرانه ۳۰ روزه قرار دارد، باید در ± 3 روز از تاریخ مقرر خود اجرا شود؛ در غیر این صورت در حالت عدم تطابق است. این قانون باید برای همه PM ها اعمال شود، ولی باید اطمینان حاصل کنیم که حداقل، دارایی های حیاتی به درستی و به موقع نگهداری شده، PM های آنها در ۱۰ درصد از فرکانس زمانی اجرا می شوند. سازمان هایی که قانون ۱۰ درصد را پیاده کرده اند، به دلیل این رویکرد پایدار و منظم، مشاهده کرده اند که قابلیت اطمینان دارایی های آنها افزایش یافته است.

اگر ما نگهداشت پیشگیرانه را روی یک دارایی انجام می دهیم که همچنان دچار شکست می شود، در حالت نگهداشت واکنشی هستیم. باید برنامه PM را بازبینی و تنظیم کنیم.

کارکرد تا خرابی (RTF)

RTF یک استراتژی نگهداشت است که در آن سازمان تصمیم می گیرد برخی دارایی ها / سیستم ها اجازه داشته باشند بدون انجام هیچ گونه PM یا CBM تا زمان خراب شدن کار کنند. این استراتژی با نگهداشت واکنشی یکسان نیست. (در نگهداشت واکنشی، سازمان برنامه نگهداشت سازماندهی شده ای ندارد، که شامل عناصر PM، CBM و RTF در سراسر تأسیسات بوده، هر دارایی / سیستم استراتژی نگهداشت خاص خود را داشته باشد). برای دارایی هایی که هزینه و تأثیر شکست آنها کمتر از هزینه اقدامات پیشگیرانه (PM و CBM) است، استراتژی RTF ممکن است یک استراتژی نگهداشت مناسب باشد. این یک تصمیم سنجیده شده است که براساس اثربخشی اقتصادی گرفته می شود. بسیاری از مواقع، ما RTF را برای دارایی های یا اجزای غیرحیاتی خاص انتخاب می کنیم. ولی معمولاً این واقعیت را در CMMS خود ثبت نمی کنیم. لازم است ثبت کنیم که RTF به صورت عمدی انتخاب شده است و معیار یا پایه تصمیم گیری برای این تصمیم چیست. علاوه بر این، باید برنامه ای برای تعمیر شکست، اگر و هر زمان که اتفاق بیفتد، داشته باشیم. یک مثال، داشتن برنامه قطعات یدکی برای دارایی ها / اجزای با استراتژی انتخابی RTF است، به گونه ای که زمان از کار افتادگی آنها حداقل باشد. مستندسازی باعث کاهش هیجان در صورت رخ دادن شکست RTF می شود. باید درک کنیم که نداشتن برنامه PM برای آن دارایی یک تصمیم اقتصادی عمدی است.

این استراتژی نگهداشت می تواند یک استراتژی نگهداشت معتبر و مستقل، به ویژه در محیط های با بودجه محدود امروزی، باشد. با این حال، روش پیاده سازی رسمی تر استراتژی RTF به عنوان بخش مؤثری از برنامه کلی نگهداشت شما باید بیشتر در گروه نگهداشت مورد بحث قرار گیرد. این بحث باعث خواهد شد تا این استراتژی خارج از گرایش نزدیک به نگهداشت واکنشی توسط برخی سازمان ها گسترش یابد.

نکات نهایی در مورد بهینه سازی نگهداشت

در نهایت، توصیه می شود که برای همه دارایی ها یا حداقل دارایی های حیاتی، یک استراتژی مدیریت دارایی تعیین و مستند شود. یک استراتژی مدیریت دارایی باید شامل موارد زیر باشد:

- استراتژی های نگهداشت انتخاب شده و علت (مبنای) انتخاب آنها
 - لیست زیرمجموعه ها یا قطعات
 - ساختار سلسله مراتبی دارایی
- لیست قطعات یدکی پیشنهادی – کی و چه تعدادی (مبنا)
- لیست اقدامات / وظایف / مسیرهای PM و CBM
- برنامه های تعمیر اصلی
- راهنمایی ها یا رویه های عملیاتی
- لیست رویه های عیب یابی کلیدی
- هرگونه نیاز به صلاحیت / گواهینامه خاص برای کارکنان نگهداشت

۷.۸ خلاصه

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان، که معمولاً به عنوان RCM شناخته می شود، یک رویکرد بهبود نگهداشت است که بر تشخیص و پیاده سازی استراتژی های بهبود عملیاتی، نگهداشت و طراحی تمرکز دارد که ریسک های دارایی ها را به طور اثربخش تری مدیریت می کنند. استاندارد فنی SAE JA1011 معیارهای ارزیابی برای RCM را تعیین کرده است، که بیان می کند که RCM حداقل شامل هفت پرسش زیر است:

۱. دارایی یا قطعه باید چه کاری انجام دهد؟ (کارکردها)
۲. دارایی به چه راه هایی می تواند در تأمین کارکردهای مورد نیاز شکست بخورد؟ (شکست های کارکردی)
۳. رویدادهایی که علت هر شکست هستند، چیست؟ (حالت های شکست)
۴. هنگامی که هر شکست رخ می دهد، چه اتفاقی می افتد؟ (اثر شکست)
۵. چرا شکست مهم است؟ (پیامدهای شکست)
۶. چه کاری می توان به صورت پیش کنشی برای پیشگیری از شکست یا کاهش پیامدهای شکست تا حد قابل قبول انجام داد؟
۷. چه کاری باید انجام شود اگر کار پیشگیرانه مناسبی پیدا نشود؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

بنابراین، RCM فرآیندی است که تعیین می کند چه کاری باید انجام شود تا تضمین کند که دارایی ها به انجام کاری ادامه دهند که کاربران آنها در شرایط عملیاتی مشخصی به آن نیاز دارند. تحلیل RCM یک چارچوب ساختاریافته برای تحلیل کارکردها و شکست های بالقوه دارایی ها فراهم می کند. RCM یک استراتژی بهینه سازی نگهداشت / PM است. با این حال، تحلیل RCM حداکثر سود را در زمان عمر دارایی ها فراهم می کند.

نگهداشت مبتنی بر وضعیت (CBM) فرآیندی است که تعیین می کند چه کاری باید انجام شود تا تضمین کند که دارایی ها در محیط عملیاتی واقعی به صورت مقرون به صرفه و به شکل مطلوبی به عملیات شان ادامه دهند. CBM براساس استفاده از داده های بلادرنگ^{۱۵۰} برای ارزیابی وضعیت دارایی ها با استفاده از فناوری های نگهداشت پیش بینانه کار می کند. این داده ها و تحلیل آنها به ما کمک می کنند تا تصمیم های بهتری برای بهینه سازی منابع نگهداشت بگیریم. CBM سلامتی تجهیزات را تعیین کرده، فقط در صورت لزوم فعالیت نگهداشت انجام می دهد.

نگهداشت مبتنی بر وضعیت سعی می کند شکست در شرف وقوع را، به جای تکیه بر نگهداشت پیشگیرانه سنتی، براساس داده های عملیاتی واقعی پیش بینی کند و عموماً نگهداشت غیرضروری را حذف می کند. بنابراین، CBM یک استراتژی دیگر برای بهینه سازی نگهداشت است. در واقع، هنگامی که CBM همراه با RCM برای تعیین وظایف نگهداشت استفاده می شود، بازگشت سرمایه بهتری دارد.

نگهداشت پیشگیرانه (PM) استراتژی (نگهداشت) پایه دارایی است که بسیاری از سازمان ها از آن برای شروع برنامه نگهداشت رسمی خود استفاده می کنند. PM احتمالاً برنامه اولیه ای است که بیشتر متخصصان نگهداشت برای راه اندازی برنامه نگهداشت در هر سازمانی استفاده می کنند. بیشتر برنامه های PM براساس زمان تقویمی یا زمان عملیاتی انجام می شوند.

کارکرد تا خرابی (RTF) استراتژی اقتصادی دیگری است که برای دارایی ها / سیستم های خاص شناسایی شده است. این استراتژی باید به صورت آگاهانه فقط برای دارایی های غیرحیاتی انتخاب شود. این استراتژی باید با سطح مناسبی از پیشبینایی، مانند قطعات یدکی، مستندسازی و برنامه ریزی شود.

۸.۸ پرسش های خودآزمایی

پ ۱.۸. RCM چیست؟ چگونه شروع شد؟ کمی درباره تاریخچه RCM بگویید.

پ ۲.۸. کدام سازمان توسعه دهنده استانداردها، استاندارد JA1011 را برای RCM توسعه داده است؟

پ ۳.۸. چهار اصل RCM را شرح دهید. هدف اصلی تحلیل RCM چیست؟

پ ۴.۸. در چه مرحله ای از توسعه دارایی، می توانیم بیشترین سودمندی را از استفاده از تحلیل RCM به دست آوریم؟ چرا؟

پ ۵.۸. فرآیند تحلیل نه مرحله ای RCM را شرح دهید.

¹⁵⁰ real-time

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پ ۶.۸ کدام نوع حالت شکست برای اپراتور دارایی آشکار نیست؟

پ ۷.۸ مزایای تحلیل RCM چیست؟

پ ۸.۸ CBM و PdM به چه معناست؟ چه روش هایی برای انجام آنها استفاده می شود؟

پ ۹.۸ تفاوت تشخیص عیب (عیب یابی) و تحلیل پیش بینی عیب چیست؟

پ ۱۰.۸ تحلیل سرعت چیست؟ با چه فناوری CBM ای مرتبط است؟ پیک در دو برابر سرعت چرخش

چه معنایی دارد؟

۹.۸ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Corio, Mario R. and Lynn P. Constantini. *Frequency and Severity of Forced Outage Immediately Following Planned or Maintenance Outages*. North American Electric Reliability Council. May 1989.
2. Gulati, Kahn & Baldwin. *The Professional's Guide to Maintenance and Reliability Terminology*. Reliabilityweb Publication, 2010.
3. Murphy, Thomas J. and Allan A. Reinstra. *HEAR MORE*. Reliabilityweb Publication, 2009.
4. Moubray, John. *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press, Inc., 1997.
5. Nicholas, Jack, and R. Keith Young. *Predictive Maintenance Management*. Reliabilityweb Publication, 2007.
6. SAE JA1011. *Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes*. August 1999.
7. SAE JA1012. *A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard*. January 2002.
8. Smith, Anthony and Glenn R. Hinchcliffe. *RCM — Gateway to World Class Maintenance*. Elsevier Inc, 2003.
9. Smith, A.M. (AMS Associate), Glen Hinchcliffe (G&S Associate), and Ramesh Gulati. *RCM Training Manual*. Sverdrup, Inc., 1998.
10. Smith, A. M. *Reliability Centered Maintenance*. McGraw Hill, NewYork, 1993. ISBN 0-07-059046-X.

فصل ۹

مدیریت عملکرد

"شما نمی توانید چیزی را مدیریت کنید که نمی توانید آن را کنترل کنید
و نمی توانید چیزی را کنترل کنید که نمی توانید اندازه گیری کنید."
پیتر دراگر

۱.۹ مقدمه

۲.۹ واژگان و تعاریف کلیدی

۳.۹ شناسایی معیارهای اندازه گیری عملکرد

۴.۹ جمع آوری داده و کیفیت داده

۵.۹ بهینه کاوی و معیارهای مقایسه

۶.۹ خلاصه

۷.۹ پرسش های خودآزمایی

۸.۹ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از خواندن این فصل، قادر خواهید بود بفهمید:

- چه چیزهایی را باید اندازه گیری کنید و چرا باید عملکرد را اندازه گیری کنید
- تفاوت های بین شاخص های پیشرو و تأخیری
- شاخص های کلیدی عملکرد
- کارت امتیاز متوازن
- چالش های جمع آوری داده
- اهمیت کیفیت و یکپارچگی داده ها
- معیارهای مقایسه و بهینه کاوی

۱.۹ مقدمه

یک سازمان اگر می خواهد برای باقی ماندن در بازار رقابتی پیشرفت کند، باید عملکرد خود را اندازه گیری و تجزیه و تحلیل کند. اندازه گیری های عملکرد باید از اهداف و استراتژی های کسب و کار سازمان

گرفته شده، با آنها هماهنگ شوند. آنها باید روی اطلاعات و داده های حیاتی و مرتبط با فرآیندها و خروجی های کلیدی کسب و کار تمرکز داشته، روی بهبود نتایج تمرکز شوند. داده های مورد نیاز برای بهبود فرآیند و اندازه گیری عملکرد شامل اطلاعات مرتبط با محصولات و خدمات، عملکرد دارایی ها، هزینه های عملیاتی و نگهداشت است. جمع آوری داده ها ممکن است آسان یا دشوار بوده، باید روی کیفیت داده ها تأکید شود. این داده ها تحلیل می شوند تا روند، علت و اثرات و دلایل پنهان برای نتایج خاصی که بدون تحلیل قابل مشاهده نیستند، تعیین شود. داده ها برای اهداف گوناگونی مانند برنامه ریزی، پیش بینی عملکرد، بازنگری عملکرد، بهبود عملیات و همچنین مقایسه عملکرد سازمان با بهینه کاوی های "راهکارهای برتر" استفاده می شوند.

یکی از مؤلفه های کلیدی یک فرآیند بهبود، ایجاد و استفاده از شاخص های عملکرد، که به نام معیارهای سنجش هم شناخته می شوند، است. این معیارها، ویژگی های قابل اندازه گیری محصولات، خدمات و فرآیندهای مرتبط با کسب و کار هستند. سازمان ها از این معیارها برای پیگیری و بهبود عملکرد خود استفاده می کنند. بهتر است معیارها به گونه ای انتخاب شوند که عواملی که منجر به بهبود عملیات، از جمله نگهداشت و رضایت مشتری می شود را به خوبی نشان دهند. یک مجموعه جامع از اندازه گیری ها یا معیارهای مرتبط با فعالیت ها و مشتریان کسب و کار باید براساس اهداف بلند و کوتاه مدت سازمان انتخاب شوند. معیارها باید به طور پیوسته مورد بازبینی و هماهنگی با اهداف جدید یا به روز شده سازمان قرار گیرند و به بخشی از برنامه استراتژیک آن تبدیل شوند.

معیارهایی که براساس اولویت های برنامه استراتژیک انتخاب می شوند، بهبود دائمی در محرک های کلیدی کسب و کار سازمان ایجاد می کنند. سپس فرآیندهایی برای جمع آوری اطلاعات مرتبط با آن معیارها و تبدیل آنها به شکل عددی برای انتشار و تحلیل آسان تر آنها طراحی می شوند. ارزش معیارها در توانایی آنها برای ارائه پایه ای واقعی و عملی در زمینه های زیر است:

- بازخورد استراتژیک برای نمایش وضعیت فعلی سازمان از جنبه های گوناگون
- بازخورد تشخیصی از فرآیندهای گوناگون برای هدایت بهبودها به صورت مستمر
- روند عملکرد در طول زمان، در حالی که معیارها ردیابی می شوند
- بازخورد در مورد روش های اندازه گیری برای پیگیری معیارهای درست

در بیشتر کسب و کارها، موفقیت به راحتی با نگاه به موضوع اصلی، یعنی سود، اندازه گیری می شود. ولی مبنای اصلی اندازه گیری موفقیت نگهداشت به عنوان یک کارکرد کسب و کار چیست؟ برای بهتر درک چگونگی اندازه گیری عملکرد کسب و کار نگهداشت، بهتر است این موضوع را بررسی کنیم که کسب و کارها چگونه سود تولید می کنند. به طور ساده، کسب و کارها با فروش کالا و خدمات و کمینه کردن هزینه های خود، سود تولید می کنند. بدیهی است که درآمدهای حاصل از فروش باید از هزینه ها بیشتر باشند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

مشتریان به طور کلی به دنبال ارزش هستند. اجزای کلیدی ارزش عبارتند از: به موقع بودن، کیفیت، قیمت و بازده سرمایه گذاری (ROI)¹. بنابراین، معیارهای اندازه گیری نگهداشت و قابلیت اطمینان باید نشان دهنده این باشند که یک سازمان چگونه برای مشتریان خود در ارائه نگهداشت به موقع (در دسترس بودن دارایی‌ها)، کیفیت خدمات (حداقل دوباره کاری)، کنترل هزینه‌ها و غیره تأمین ارزش می‌کند. بنابراین، نگهداشت به عنوان یک کارکرد کسب و کار باید معیارهای داخلی خود را برای ارزیابی عملکردش با این پارامترها توسعه دهد.

مزایای اندازه گیری عملکرد

پاسخگویی

معیارهای اندازه گیری عملکرد، اگر خوب طراحی شده باشند، پیشرفت در رسیدن به مقاصد و اهداف را مستند می‌کنند و در نتیجه سازمان‌ها را به انجام تعهدات خود در برابر کارکنان، ذی‌نفعان و مشتریانانشان ترغیب و تحریک می‌کنند.

توجیه منابع / بودجه

اندازه گیری عملکرد، به دلیل اینکه فعالیت‌ها را به نتایج مرتبط می‌کند، به عنوان یک ابزار برنامه ریزی بلندمدت برای توجیه تخصیص مناسب منابع و بودجه مفید است.

حق مالکیت و کار تیمی

اندازه گیری عملکرد، با ارائه یک جهت روشن برای تمرکز تلاش‌ها در یک عرصه کارکردی خاص، مشارکت بیشتر کارکنان در حل مسائل، تعیین اهداف و بهبود فرآیندها را فراهم می‌کند. مشارکت کارکنان در تعیین اولویت‌ها و ترویج همکاری بین واحدها و عرصه‌های کسب و کار کمک می‌کند.

ارتباطات – یک زبان مشترک

دستیابی به اهداف از طریق معیارها می‌تواند درک و پشتیبانی کارکنان از استراتژی‌ها و تصمیم‌های مدیریت را افزایش دهد. همچنین، به کارکنان یک زبان مشترک برای ارتباطات می‌دهد، به آنها در مورد عرصه‌های دارای مشکلات بالقوه هشدار می‌دهد و آنها را برای به اشتراک گذاشتن دانش تشویق می‌کند. بنابراین، اگر معیارهای عملکرد به درستی طراحی و پیاده‌سازی شوند، به بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کنند.

¹ Return on Investment

۲.۹ واژگان و تعاریف کلیدی

بهترین در کلاس

عملکرد فرآیندی برجسته در یک صنعت؛ واژه هایی مانند *راهکار برتر*^۲ و *بهترین نمونه*^۳ به عنوان مترادف آن استفاده می شوند.

بهینه کاوی^۴

شورای بهره وری و کیفیت آمریکا (APQC)^۵ بهینه کاوی را به عنوان فرایند شناسایی، یادگیری و سازگاری با شیوه ها و فرایندهای برجسته از هر سازمانی، در هر جایی در جهان، برای کمک به بهبود عملکرد سازمان تعریف می کند. بهینه کاوی دانش ضمنی^۶ – رموز کار (فوت و فن ها)، دآوری ها و توانمندسازها را جمع آوری می کند.

بهینه کاوی داخلی

فرآیند بهینه کاوی که درون یک سازمان با مقایسه واحدها یا فرآیندهای کسب و کاری مشابه انجام می شود.

بهینه کاوی عمومی

فرآیند بهینه کاوی که یک کارکرد یا فرآیند خاص کسب و کار را با سایر سازمان ها، مستقل از صنایع آنها، مقایسه می کند.

چشم انداز^۷

روای قابل دستیابی از آنچه یک سازمان می خواهد انجام دهد و جایی که می خواهد برود.

راهکار برتر (بهترین شیوه)

² best practice

³ best-of-breed

⁴ Benchmarking

⁵ American Productivity and Quality Council

⁶ tacit knowledge

⁷ Vision

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

روش یا فنی که به عنوان اثربخش ترین شیوه شناخته می شود و به طور پیوسته به نتایج ممتازی در مقایسه با روش های دیگر رسیده است؛ به عنوان مثال، شیوه های جاری با کمینه کردن استفاده از منابع سازمان، به یک معیار مرجع تبدیل می شود.

سنجش عملکرد

شاخص قابل اندازه گیری استفاده شده برای ارزیابی اینکه یک سازمان یا کسب و کار چگونه به اهداف مورد نظر خود دست یافته است.

تسبکه سازی

روشی برای ایجاد روابط غیررسمی با افرادی با مجموعه ای از ارزش ها و علایق مشترک که به هر دو طرف به طور حرفه ای کمک می کند.

تسکاف بهینه کاوی

تفاوت عملکرد بین معیار مرجع برای یک فعالیت خاص و سطح سایر سازمان ها است. این معیار، مزیت عملکردی اندازه گیری شده سازمان معیار نسبت به سایر سازمان ها است.

عملکرد^۸

نتایج فعالیت های یک سازمان در یک دوره زمانی خاص.

کلاس جهانی

شیوه هایی که توسط مشتریان و متخصصان صنعت به عنوان برترین برترین ها شناخته شده اند. عملکرد نمونه ای که مستقل از صنعت، کارکرد یا مکان کسب شده است.

معیار سنجش^۹

معیار سنجش، یک مقیاس استاندارد برای ارزیابی عملکرد در یک حوزه خاص است. معیارهای سنجش در قلب سیستم مدیریت فرآیند مشتری محور و هر برنامه بهبود مستمری قرار دارند.

معیار مرجع^{۱۰}

⁸ Performance

⁹ Metric

¹⁰ Benchmark

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

اندازه گیری استاندارد یا مرجعی که به عنوان مبنایی برای مقایسه استفاده می شود؛ این سطح عملکرد به عنوان استاندارد تعالی برای یک فرآیند کسب و کاری خاص شناخته می شود.

مقاصد^{۱۱}

یک نتیجه نهایی قابل مشاهده و قابل اندازه گیری با اهدافی که در یک چارچوب زمانی کم و بیش ثابت کسب خواهند شد. مقاصد جهت گیری استراتژیک یک سازمان را نشان می دهند.

هدف^{۱۲}

مجموعه ای از نتایجی که دستیابی به آنها چشم اندازی به واقعیت رویایی باز خواهد کرد.

۳.۹ شناسایی معیارهای اندازه گیری عملکرد

اغلب گفته می شود "آنچه که اندازه گیری می شود، انجام می شود." انجام کارها، از طریق افراد، همان چیزی است که مدیریت درباره آن است. اندازه گیری کارهایی که انجام شده اند و نتایج تلاش آنها یک بخش ضروری مدیریت موفق است. ولی تأکید بیش از حد بر اندازه گیری یا نوع اشتباه اندازه گیری ممکن است به نفع سازمان نباشد.

چند شاخص ضروری که برای ارزیابی عملکرد فرآیند مهم هستند، شاخص های کلیدی عملکرد (KPIs)^{۱۳} گفته می شوند. KPI ها ابزار مهمی در مدیریت هستند؛ آنها عملکرد کسب و کار را، شامل نگهداشت، اندازه گیری می کنند. تنها چند معیار اندازه گیری "سخت" برای خروجی نگهداشت وجود دارند و اغلب، دستکاری معیارهایی که عموماً استفاده می شوند آسان است. برای اینکه معیارهای سنجش نگهداشت و عملیات اثربخش و متوازن شوند، باید با هم یکپارچه شوند. هنگام تصمیم گیری در مورد جنبه هایی از نگهداشت که باید اندازه گیری شوند، باید سه معیار دیگر هم مورد توجه قرار گیرند:

۱. معیارهای سنجش عملکرد باید رفتار صحیح را تشویق کنند.

۲. دستکاری آنها برای اینکه "خوب به نظر برسند" باید سخت باشد.

۳. اندازه گیری آنها نباید به تلاش زیادی نیاز داشته باشد.

بعضی از معیارهای سنجش ممکن است افراد را به انجام کارهایی که نمی خواهیم، ترغیب کنند. یک معیار رایج، "رعایت برنامه کاری هفتگی" برای کارهای نگهداشت است. با برنامه ریزی کار کمتر، از طریق دست بالا گرفتن برآوردهای دستور کارها، به سادگی می توان مقدار معیار سنجش رعایت برنامه کاری را

¹¹ Goals

¹² Objective

¹³ Key Performance Indicators

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

افزایش داد. با این حال، آنچه که واقعاً می‌خواهیم، بهره‌وری بیشتر است که اغلب با به چالش کشیدن افراد و برنامه ریزی کار بیشتر، ولی با تخمین کار بهتر، به دست می‌آید. بنابراین، اندازه گیری نادرست ممکن است ضد ما عمل کند. مانند "رعایت برنامه کاری"، دستکاری برخی از معیارهای دیگر، مانند زمان صرف شده برای کار نگهداشت پیشگیرانه (PM)، درصد دوباره کاری و درصد کارهای اضطراری هم آسان است.

فقط باید KPIهایی که واقعاً مرتبط و با معیارهای فوق‌الذکر منطبق هستند، پیاده‌سازی شوند. به عنوان یک مثال خوب می‌توان به سازمانی اشاره کرد که سعی در بهبود برنامه ریزی بازگردانی^{۱۴} و توقف کامل^{۱۵} دارد، که در آن هدف جدیدی به صورت تکمیل کردن همه کارهای برنامه ریزی دو یا سه هفته پیش از توقف کامل تعیین و توافق شده است. همه دستور کارهای این توقف کامل یک کد خاص دارند. بنابراین، یک گزارش ساده از CMMS که فهرست همه درخواست‌های خرید مربوط به دستور کارهای مرتبط با یک توقف کامل خاص را نشان می‌دهد، که کمتر از دو یا سه هفته پیش صادر شده اند، یک معیار سنجش بسیار مفید برای ارزیابی عملکرد برنامه ریزی است. این معیار رفتار صحیح را پشتیبانی می‌کند، احتمالاً قابل دستکاری نیست و اندازه گیری آن آسان است. همچنین، اطلاعاتی در مورد جایی که باید [برای اصلاح مشکلات] اقدام کنیم و زمانی که باید برنامه ریزی خوب را تشویق کنیم، برایمان فراهم می‌آورد.

معیارهایی مانند مثال فوق، ارزش بسیاری در اندازه گیری موفقیت تلاش‌ها برای پیاده سازی شیوه های بهتر و تغییر رفتارها دارند. ممکن است این معیارها وقتی که شیوه های جدید و بهبود یافته به عادت تبدیل شدند، قابل لغو کردن باشند.

فرآیند توسعه معیارهای سنجش

گام نخست در توسعه معیارها درگیر کردن افرادی است که مسئولیت کارهایی را دارند که باید اندازه گیری شوند. آنها بیشترین دانش را در مورد کار دارند. پس از شناسایی و درگیر کردن این افراد، لازم است:

۱. فرآیندهای کاری مهم و نیازهای مشتری را شناسایی کنید.
۲. نتایج حیاتی مطلوب را شناسایی کرده، آنها را با نیازهای مشتری هماهنگ کنید.
۳. اندازه گیری‌ها را برای فرآیندهای کاری مهم یا نتایج حیاتی توسعه دهید.
۴. مقاصد عملکرد، استانداردها یا معیارهای مرجع را ایجاد کنید.

¹⁴ turnaround

بازگردانی پروژه ای است که در سطح کارخانه انجام می‌شود و بخش‌های متعددی را در بر می‌گیرد، از جمله توقف کارخانه، تعمیرات اساسی (اورهال) تجهیزات و راه اندازی مجدد کارخانه (تام لنهان، ۲۰۰۶، مرجع کاربردی تعمیرات اساسی، ترجمه زواشکیانی، علی، ملک نیازی، امیر، ربیعی، محسن، تهران، انتشارات آریانا قلم، ۱۳۹۶).

¹⁵ shutdown

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

برای اطمینان از کیفیت یک معیار سنجش عملکرد خاص، می توان از آزمون SMART استفاده کرد. در اینجا حروف SMART به معنای موارد زیر هستند:

S = معین^{۱۶}. برای اجتناب از اشتباه در تفسیر، روشن و متمرکز باشید. معیار سنجش باید شامل فرضیات و تعاریف اندازه گیری بوده، به راحتی تفسیر شود.

M = قابل اندازه گیری^{۱۷}. معیار سنجش را باید بتوان اندازه گیری و با دیگر داده ها مقایسه کرد. باید امکان تحلیل آماری معنادار را فراهم کند. از اندازه گیری های "بله / خیر" به جز در موارد محدودی مانند موقعیت های راه اندازی خودداری کنید.

A = قابل دستیابی^{۱۸}. معیار سنجش باید قابل دستیابی، معقول و قابل اعتماد در شرایط پیش بینی شده باشد.

R = واقع بینانه^{۱۹}. این معیار باید مطابق محدودیت های سازمان و از نظر هزینه ای مقرون به صرفه باشد.

T = به موقع^{۲۰}. این معیار باید قابل انجام باشد و داده ها در زمان لازم در دسترس باشند.

شکل ۱۹. چند مثال از معیارهای سنجش مرتبط با نگهداشت و قابلیت اطمینان را نشان می دهد.

معیارهای سنجش نگهداشت و قابلیت اطمینان:

کارخانه / سازمان / فرآیند

هزینه های نگهداشت به صورت درصدی از ارزش جایگزینی دارایی (RAV)^{۲۱} % = کل هزینه های نگهداشت (\$) / کل ارزش جایگزینی دارایی
هزینه های نگهداشت به هر واحد خروجی = هزینه های نگهداشت (\$) / کل تعداد واحدهای تولید شده
بازده دارایی (RONA)^{۲۲} = سهم کارخانه یا فرآیند (درآمد کارخانه - هزینه) \$ / ارزش کل کارخانه یا فرآیند (RAV) \$

درصد اضافه کاری = ساعت های اضافه کاری نگهداشت / کل ساعت های نگهداشت

ساعت های آموزش (یا \$) / نفرات در سال = کل ساعت های آموزش (یا \$) / کل ساعت های نگهداشت (یا \$)

تعداد مقالات ارائه شده یا نوشته شده برای کنفرانس ها و مجلات M&R / بودجه نگهداشت (M\$)

تعداد کارکنان نگهداشت تأیید صلاحیت شده به % = تعداد کارکنان تأیید صلاحیت شده / تعداد کل کارکنان نگهداشت

¹⁶ Specific

¹⁷ Measurable

¹⁸ Attainable

¹⁹ Realistic

²⁰ Timely

²¹ Replacement Asset Value

²² Return on Assets

عملکرد ایمنی = جراحات های ثبت شده طبق OSHA / ۲۰۰ هزار ساعت

کل دارایی / سیستم / فرآیند

قابلیت دسترسی = زمان آماده به کاری / (زمان آماده به کاری + زمان از کار افتادگی) یا $(MTBF+MTTR) / MTBF$
درصد زمان از کار افتادگی نسبت به کل زمان برنامه ریزی شده (عملیاتی) = زمان های از کار افتادگی به دلیل شکست ها / کل زمان عملیاتی برنامه ریزی شده

اثر بخشی کلی تجهیزات (OEE) = % قابلیت دسترسی × % عملکرد × % کیفیت

برنامه ریزی و زمان بندی و انبار MRO^{23}

% ساعت های گزارش شده در CMMS نسبت به ساعت های هزینه شده (پرداخت شده) = ساعت های گزارش شده در CMMS برای یک دوره زمانی / ساعت های نگهداشت پرداخت شده در همان دوره زمانی
% کار صرف شده روی دستور کارهای متفرقه نسبت به کل = ساعت های صرف شده روی دستور کارهای متفرقه / کل ساعت های کاری نگهداشت

% کارهای برنامه ریزی شده نسبت به کل کار = ساعت های کاری برنامه ریزی شده / کل ساعت های کاری نگهداشت

صحت برنامه ریزی ^{24} = ساعت های کاری واقعی صرف شده برای انجام کارهای برنامه ریزی شده / ساعت های کاری تخمین زده شده برای کارهای برنامه ریزی شده

پایبندی به زمان بندی ^{25} (براساس ساعت ها یا وظایف) = کارهای زمان بندی شده انجام شده (تکمیل شده) / کل کار زمان بندی شده

% کار زمان بندی نشده (کار اضطراری یا شکست زمان بندی) = کار زمان بندی نشده (اضطراری یا توقفات) / کل کار (به صورت نفر-ساعت یا تعداد دستور کارها)

اثر بخشی نیروی انسانی (زمان آچار ^{26}) به % = ساعت های کاری مفید کارکنان فنی / کل ساعت های کاری دوباره کاری (کیفیت کار به %) = کار نیازمند دوباره کاری / کل کار (تعداد یا ساعت)

% دستور کارهای بسته شده با توضیحات (کیفیت داده) = دستور کارها یا وظایف بدون داده های اختتامیه خوب / کل دستور کارها یا وظایف

گردش موجودی ^{27} (انبار MRO) = موجودی استفاده شده در یک سال (\$) / میانگین موجودی در همان سال (\$)

صحت موجودی به % = اقلامی که در محل درست و به تعداد درست یافت شده اند / کل تعداد اقلام کنترل شده

نگهداشت، پیشگیرانه و CBM/PdM

% ساعت های پیشگیرانه و CBM/PdM نسبت به ساعت های کل = ساعت های $PM+CBM$ در یک بازه زمانی / کل ساعت های نگهداشت

پایبندی به زمان بندی پیشگیرانه و CBM/PdM = وظایف $PM+CBM$ واقعی تکمیل شده / کل وظایف $PM+CBM$ زمان بندی شده

²³ Maintenance-Repair-Overhaul

²⁴ Planning Accuracy

²⁵ Schedule Compliance

²⁶ Wrench Time

²⁷ Inventory Turns

% کارهای خلق شده توسط PM و CBM/PdM نسبت به ساعت کل = ساعت های کاری تخمینی خلق شده توسط PM+CBM / کل ساعت های کاری تکمیل شده PM+CBM

% تحلیل علت ریشه ای شکست (RCFA) انجام شده برای شکست ها = تعداد RCFA انجام شده / کل تعداد شکست ها

شکل ۱.۹- لیست معیارهای سنجش نگهداشت و قابلیت اطمینان

شاخص های پیشرو (توانمندساز)^{۲۸} و تأخیری (نتایج)^{۲۹}

یک روش ساده برای تعیین اینکه یک شاخص عملکرد، پیشرو است یا تأخیری، پرسیدن این سؤال است که: "آیا این معیار سنجش به ما اجازه می دهد به فرآیند نگاه کنیم، یا ما خارج از فرآیند به نتایج نگاه می کنیم؟" شاخص های پیشرو به آینده نگاه کرده، به مدیریت عملکرد یک دارایی، سیستم یا فرآیند کمک می کنند، در حالی که شاخص های تأخیری نشان می دهند که مدیریت ما چقدر موفق بوده است. معیارهای سنجش فرآیند، شاخص های پیشرو هستند. آنها نشانه ای از چگونگی عملکرد فعالیت ارائه داده، زمان انتظاری برای مدیریت موفق نتایج فراهم می کنند. به عنوان مثال، یک شاخص پیشروی فرآیند نگهداشت، می تواند اندازه گیری کند که کارکرد برنامه ریزی یا زمان بندی نگهداشت، در آماده سازی بسته های کاری نگهداشت پیشگیرانه یا بر مبنای وضعیت یا در پایش درصد بازرسی های PM / CBM تکمیل شده به ازای هر زمان بندی، چقدر پیش کنشی بوده است. اگر افراد همه کارهای درست را انجام می دهند، انتظار می رود که نتایج بهبود داشته باشند. شاخص های پیشروی فرآیند معمولاً فوری تر (سریع تر) از معیارهای سنجش یا نتایج تأخیری هستند. ما باید با شاخص های پیشرو مدیریت کنیم. برخی مثال های شاخص های پیشروی مرتبط با تعمیر و نگهداشت عبارتند از:

- % پایبندی به زمان بندی
- % کارهای برنامه ریزی شده
- % پایبندی به کار PM / CBM (به موقع تکمیل شده)
- زمان چرخه دستور کار
- % دوباره کاری
- نسبت برنامه ریز به نیروهای فنی

شاخص های تأخیری نتایجی هستند که پس از واقعیت رخ می دهند. آنها خروجی یک فرآیند را پایش می کنند. آنها نتایجی را اندازه گیری می کنند که نشان می دهند ما یک دارایی، فرآیند یا کل کسب و کار نگهداشت را چقدر خوب مدیریت کرده ایم. برخی مثال های شاخص های تأخیری مرتبط تعمیر و نگهداشت عبارتند از:

²⁸ Leading

²⁹ Lagging

- هزینه نگهداشت به عنوان % از ارزش جایگزینی دارایی
- بازده دارایی خالص (RONA)
- دسترسی³⁰ به دارایی
- MTBF
- OEE
- نفر- ساعت ها یا هزینه ی آموزش نگهداشت

شکل ۲.۹ یک مدل سلسله مراتبی از شاخص های پیشرو و تأخیری را نشان می دهد.

شکل ۲.۹- مدل شاخص های کلیدی عملکرد پیشرو و تأخیری

به عنوان یک تذکر احتیاطی، یک شاخص می تواند پیشرو یا تأخیری باشد. به عنوان مثال، پایداری به کار PM / CBM یک شاخص تأخیری است - نتیجه ی اینکه چه مقدار کار PM / CBM تکمیل شده است - زمانی که در قالب مفهوم اجرای کار بررسی می شود. با این حال، زمانی که به عنوان یک شاخص قابلیت اطمینان دارایی بررسی می شود، پایداری به کار PM / CBM شاخص پیشروی فرآیند قابلیت اطمینان است. مقدار بالاتر شاخص پایداری به کار PM / CBM بهبود قابلیت اطمینان دارایی را پیش بینی کرده، یا احتمالاً منجر به بهبود قابلیت اطمینان آن می شود. به طور مشابه، قابلیت اطمینان بهبود یافته دارایی به کاهش هزینه های نگهداشت منجر خواهد شد، که یک شاخص تأخیری فرآیند نگهداشت است.

شاخص ها، چه پیشرو باشند و چه تأخیری، باید برای تأمین اطلاعات درباره ی اینکه فرآیند کجا به خوبی کار می کند و کجا خوب کار نمی کند، استفاده شوند. با این کار، این شاخص ها باعث پایه ریزی موفقیت های [آتی] شده، منجر به تغییرات فرآیند در جاهایی می شوند که روندهای نامطلوب در حال توسعه هستند.

کارت امتیازی متوازن³¹

بیشتر مواقع، ما چیزی را اندازه گیری می کنیم که از جنبه مالی و بهره وری یک فرآیند یا سازمان، مهم است. کارت امتیازی متوازن توصیه می کند که فرآیند یا یک سازمان را از چهار جنبه بررسی کنیم. همچنین، باید معیارهای سنجش را توسعه داده، داده ها را جمع آوری کرده، آنها را نسبت به هر یک از این جنبه ها تحلیل کنیم تا بین سوگیری ها توازن برقرار کنیم.

³⁰ availability

³¹ Balanced Scorecard

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

کارت امتیازی متوازن یک رویکرد مدیریتی استراتژیک است که در اوایل دهه ۱۹۹۰ توسط دکتر رابرت کاپلان^{۳۲} از مدرسه کسب و کار هاروارد و دکتر دیوید نورتون^{۳۳} توسعه یافت. نویسندگان در توضیح این رویکرد می گویند:

"کارت امتیازی متوازن شاخص های مالی سنتی را حفظ می کند. ولی شاخص های مالی داستان رویدادهای گذشته را می گویند، که داستان مناسبی برای شرکت های دوره ی صنعتی بودند که سرمایه گذاری در قابلیت های بلندمدت و روابط با مشتریان برای موفقیت ضروری نبود. با این حال، این شاخص های مالی برای راهنمایی و ارزیابی سفری که سازمان ها باید برای ایجاد ارزش آتی از طریق سرمایه گذاری در مشتریان، تأمین کنندگان، کارکنان، فرآیندها، فناوری و نوآوری انجام دهند، ناکافی هستند."

شکل ۳.۹- کارت امتیازی متوازن

کارت امتیازی متوازن (شکل ۳.۹) چهار جنبه را که می توان از آنها برای مشاهده ی یک فرآیند یا سازمان استفاده کرد، شناسایی می کند. اینها عبارتند از:

- جنبه یادگیری و رشد
- جنبه فرآیند کسب و کار
- جنبه مشتری
- جنبه مالی

کارت امتیازی متوازن یک سیستم برنامه ریزی و مدیریت استراتژیک است که به طور گسترده در صنعت و تجارت، دولت و سازمان های غیرانتفاعی در سراسر جهان استفاده می شود. این سیستم به همراستا شدن فعالیت های کسب و کار با چشم انداز و استراتژی سازمان، بهبود ارتباطات داخلی و خارجی و پایش عملکرد سازمان در مقایسه با مقاصد استراتژیک کمک می کند. این سیستم یک نگاه متوازن به عملکرد سازمان به ارمغان می آورد.

کارت امتیازی متوازن از کاربرد اولیه خود به عنوان یک چارچوب ساده اندازه گیری عملکرد به یک سیستم کامل برنامه ریزی و مدیریت استراتژیک تکامل یافته است. کارت امتیازی متوازن "جدید"، برنامه استراتژیک سازمان را از یک سند جذاب ولی بی اثر به دستورات روزانه سازمان تبدیل می کند. این سیستم، چارچوبی فراهم می کند که نه تنها شاخص های عملکرد را شناسایی می کند، بلکه به سازمان ها کمک

³² Robert Kaplan

³³ David Norton

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

می کند تا تشخیص دهند که چه کاری باید انجام و اندازه گیری شود. این سیستم به مدیران اجرایی کمک می کند تا استراتژی های خود را به طور واقعی اجرا کنند.

جنبه یادگیری و رشد

این جنبه آموزش کارکنان و نگرش های فرهنگی شرکت مرتبط با بهبود فردی و سازمانی را در بر می گیرد. در یک سازمان با نیروی کار دانش محور، افراد – تنها مخزن دانش سازمان – منابع اصلی هستند. در شرایط فعلی تغییرات فناورانه سریع، لازم است که نیروهای کار دانش محور در حالت یادگیری مداوم باشند. سازمان های دولتی اغلب در استخدام نیروهای فنی جدید ناتوان هستند. در عین حال، آموزش کارکنان فعلی هم در حال کاهش است. این موضوع یک شاخص پیشرو از "فرار مغزها" است که روند آن باید معکوس شود. معیارهای سنجش می توانند مدیران را راهنمایی کنند تا منابع آموزشی را در جایی متمرکز کنند که بیشترین کمک را به آنها می کند.

کاپلان و نورتون تأکید می کنند که "یادگیری" بیشتر از "آموزش" است. یادگیری شامل چیزهایی مانند مربی ها^{۳۴} و معلم ها^{۳۵}ی داخل سازمان، همچنین ارتباط آسان بین کارکنان است، که به آنها امکان می دهد که به راحتی برای حل مشکلات کمک بگیرند. همچنین ابزارهای فناوری را نیز شامل می شود؛ آنچه که معیار بالدريج^{۳۶} "سیستم های کاری با عملکرد بالا" می نامد. در حوزه نگهداشت، این ابزارها شامل استفاده از فناوری های جدید، مانند فراصوت، ترموگرافی مادون قرمز، تحلیل جریان موتور و اعمال RCM در طراحی های جدید است.

مثال های نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) مرتبط با این جنبه عبارتند از:

- ساعت (یا هزینه) صرف شده در آموزش برای هر شخص، به عنوان مثال ۸۰ نفر – ساعت در یک سال مشخص
- درصد ساعت های آموزشی نسبت به مجموع ساعت های کاری، به عنوان مثال ۵٪ در سال ۲۰۰۹
- تعداد مقالات فنی ارائه شده یا نوشته شده / هر میلیون دلار از بودجه نگهداشت و قابلیت اطمینان
- درصد کارکنان دارای گواهینامه فناوری های نگهداشت مبتنی بر وضعیت (CBM) یا گواهینامه متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان^{۳۷} (CMRP)
- درصد دستور کارهای ایجاد شده توسط فناوری CBM / نگهداشت پیش بینانه (PdM)
- درصد فعالیت های CBM در برنامه کلی نگهداشت پیشگیرانه (PM)

³⁴ mentors

³⁵ tutors

³⁶ Baldrige criteria

³⁷ Certified Maintenance & Reliability Professionals

- درصد فرایندهای FMEA/RCM اعمال شده روی طراحی‌های جدید

جنبه فرآیند کسب و کار

این جنبه به فرایندهای کسب و کاری داخلی ارجاع دارد. معیارهای سنجش مبتنی بر این جنبه به مدیران اجازه می‌دهند بدانند که کسب و کارشان چقدر خوب کار می‌کند و آیا محصولات و خدماتشان با نیازهای مشتریان (مأموریت) سازگار هستند. این معیارهای سنجش باید توسط کسانی که به بهترین شکل با این فرایندها آشنا هستند، با دقت طراحی شوند. معمولاً به دلیل مأموریت‌های منحصر به فرد هر سازمان، این معیارها توسط خود سازمان‌ها و بدون کمک مشاوران خارجی توسعه می‌یابند.

علاوه بر فرآیند مدیریت استراتژیک، دو نوع فرآیند کسب و کاری می‌توان شناسایی کرد: الف) فرایندهای مأموریتی^{۳۸}، و ب) فرایندهای پشتیبانی. بسیاری از فرایندهای دولتی، مانند وزارت دفاع آمریکا / ناسا، فرایندهای مأموریتی بوده، اندازه‌گیری آنها مشکلات منحصر به فرد بسیاری دارد. فرایندهای پشتیبانی به صورت ذاتی تکراری تر هستند. بنابراین، اندازه‌گیری و بهینه‌سازی آنها با استفاده از شاخص‌های عمومی آسان‌تر است.

مثال‌های نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) مرتبط با این جنبه شامل موارد زیر است:

- کار انباشته PM – درصد یا تعداد کارها
- درصد پایبندی به برنامه زمان‌بندی
- درصد دوباره کاری
- درصد قابلیت اطمینان (یا MTBF) – دارایی / سیستم
- درصد مواد تحویل شده یا در دسترس در زمان مقرر

جنبه مشتری

فلسفه مدیریت اخیر نشان‌دهنده افزایش درک و فهم نسبت به اهمیت تمرکز بر مشتری و کسب رضایت آنها در هر کسب و کاری است. اینها شاخص‌های پیشرو هستند: اگر مشتریان راضی نباشند، سرانجام تأمین‌کنندگان دیگری پیدا خواهند کرد که نیازهایشان را برآورده کنند. بنابراین عملکرد ضعیف در این جنبه یک شاخص پیشرو از افول آینده است، حتی اگر تصویر مالی کنونی خوب به نظر برسد. برای سازمان‌های نگهداشت، مشتریان آنها واحدهای عملیات و بهره‌برداری هستند. اگر به دلیل افزایش نرخ شکست و زمان از کار افتادگی، آنها از خدمات ارائه شده راضی نباشند، ممکن است نگهداشت را برون‌سپاری کنند.

³⁸ mission-oriented processes

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

در توسعهٔ معیارهای سنجش رضایت، مشتریان باید برحسب نوع مشتری و فرآیندهایی که سازمان برای آنها محصول یا خدمات فراهم می کند، تحلیل شوند. مثال های نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) مرتبط با این جنبه شامل موارد زیر است:

- درصد از کار افتادگی
- درصد قابلیت دسترسی
- درصد تحویل به موقع (دارایی / سیستم تحویل شده به واحد عملیات در زمان تعهد شده)
- رضایت مشتری از خدمات نگهداشت ارائه شده، مانند بازگردانی (بدون تخطی از هزینه، کارکرد درست در راه اندازی اول، دارایی با ۱۰۰٪ ظرفیت کار می کند و غیره)

جنبه مالی

کاپلان و نورتون نیاز سنتی به داده های مالی را نادیده نمی گیرند. داده های مالی به موقع و صحیح همیشه در اولویت قرار خواهند داشت و مدیران هر کاری برای تأمین آنها انجام خواهند داد. در واقع، اغلب پردازش و استفاده بیش از حدی روی داده های مالی انجام می شود. با پیاده سازی پایگاه داده شرکتی، این امید وجود دارد که بیشتر فعالیت های پردازش داده های مالی را بتوان به صورت مرکزی و خودکار انجام داد. ولی نکته این است که تمرکز کنونی بر موضوعات مالی منجر به یک وضعیت نامتعادل در مورد جنبه های دیگر می شود.

دو نوع عمومی از معیارهای سنجش وجود دارند که بر نتیجه مالی یک کسب و کار تأثیر می گذارند: اثربخشی^{۳۹} و کارایی^{۴۰}. یک سازمان ممکن است در تولید ایمن یک محصول خوب و به موقع اثربخش باشد، ولی توسط یک رقیب کارآتر تهدید شود. معکوس این شرایط هم درست است، یعنی، تولید به روش کارآ ولی بدون انتظارات کیفی. به طور کلی، معیارهای سنجش اثربخشی در درجه نخست اهمیت قرار دارند و سپس معیارهای کارایی اندازه گیری می شوند. این یک کشمکش قدیمی بین کیفیت و تولید است. شاید نیاز به داده های مالی اضافه مانند ارزیابی ریسک و داده های هزینه – فایده در این دسته وجود داشته باشد. مثال های نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) مرتبط با این جنبه شامل موارد زیر است:

- هزینه نگهداشت در هر واحد محصول یا خدمت ارائه شده
- هزینه نگهداشت به عنوان درصدی از ارزش جایگزینی دارایی (RAV)
- گردش موجودی (در انبار MRO)
- موجودی انبار MRO به عنوان درصدی از RAV
- هزینه نگهداشت / توان (اسب بخار) نصب شده

³⁹ effectiveness

⁴⁰ efficiency

۴.۹ جمع‌آوری داده و کیفیت داده

یک چالش‌های اصلی دیگر در یک سیستم اندازه گیری عملکرد، جمع‌آوری داده و در دسترس بودن داده های با کیفیت و به موقع است. داده عنصر کلیدی در اندازه گیری عملکرد است. عوامل اصلی در ایجاد یک سیستم اندازه گیری عملکرد عبارتند از:

الف. هزینه جمع‌آوری داده

ب. کیفیت داده

پ. کامل بودن داده

ت. برون یابی با استفاده از داده های جزئی

ث. تطبیق معیارهای سنجش عملکرد با هدف آنها

ج. درک تأثیرات خارجی بر داده ها

چ. به موقع بودن داده ها

ح. استفاده از معیارهای سنجش در تخصیص منابع مالی

خ. مسئولیت اندازه گیری ها و کنترل محدود روی فرآیند

د. بهینه کابی و اهداف

بدیهی است که باید یک سیستم کارآ و اثربخش برای جمع‌آوری داده وجود داشته باشد تا تأمین داده‌های با کیفیت را تضمین کند. یک سیستم جمع‌آوری داده باید:

۱. داده‌هایی را که باید جمع‌آوری شود و مقدار آنها را شناسایی کند؛ جمعیتی که داده ها از آنها به دست می‌آیند؛ و طول زمانی که باید جمع‌آوری داده انجام شود.

۲. جداول و نمودارهایی که باید استفاده شود، تواتر تهیه نمودار، انواع مقایسه های گوناگون و روش محاسبات روی داده ها را شناسایی کند.

۳. ویژگی های داده هایی که باید جمع‌آوری شوند را شناسایی کند. (داده های صفتی^{۴۱} مواردی هستند که می توان آنها را شمارش کرد – داده های متغیر^{۴۲} مواردی هستند که می توان آنها را اندازه گرفت.)

۴. تشخیص دهد که آیا منابع داده موجود قابل استفاده هستند یا نیاز به ایجاد منابع داده جدید برای معیارهای سنجش عملکرد جدید یا به روز شده وجود دارد. همه منابع داده باید معتبر و از نظر هزینه ای مقرون به صرفه باشند.

معیارهای سنجش چقدر خوب هستند؟ پرسش های زیر می‌توانند به عنوان یک چک لیست برای تعیین کیفیت معیارهای سنجش و توسعه یک برنامه بهبود مفید باشند:

⁴¹ attribute data

⁴² variable data

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- آیا معیارها منطقی هستند؟ آیا آنها واقعا قابل اندازه گیری هستند؟
- آیا برای مشتری قابل پذیرش و معنادار هستند؟
- آیا افراد مسؤول عملکردی که در حال سنجش آن هستیم، کاملا در توسعه این معیار سنجش مشارکت کرده اند؟
- آیا معیار سنجش روی اثربخشی و / یا کارایی سیستمی که در حال اندازه گیری آن است، تمرکز دارد؟
- آیا معیارهای سنجش نشان می دهند که مقاصد و اهداف به چه اندازه محقق شده اند؟
- آیا معیارها ساده، قابل فهم، منطقی و تکرارپذیر هستند؟
- آیا معیارها چالش برانگیز و در عین حال قابل دستیابی هستند؟
- آیا می توان برای تغییرات نتایج روندی در نظر گرفت؟ آیا این روند، اطلاعات مدیریتی مفیدی ارائه می دهد؟
- آیا می توان داده ها را با هزینه به صرفه جمع آوری کرد؟
- آیا معیارهای سنجش به موقع در دسترس هستند؟
- آیا حساس هستند؟ (آیا تغییرات کوچکی در فرآیند، خودش را در معیار سنجش نشان می دهد؟)
- چگونه با معیارهای موجود مقایسه می شوند؟
- آیا آنها یک مجموعه کامل (کارت امتیازی متوازن) را تشکیل می دهند (به طور مثال، حوزه های یادگیری و رشد، فرآیندهای داخلی کسب و کار، مالی و رضایت مشتری را به مقدار کافی پوشش می دهند؟)
- آیا آنها رفتار مطلوب را (امروز و در آینده) تقویت می کنند؟
- آیا معیارها رایج (زنده) و قابل تغییر هستند؟ (آیا آنها به همراه تغییرات کسب و کار تغییر می کنند؟)

۵.۹ بهینه کاوی و معیارهای مرجع

بهینه کاوی چیست؟

بهینه کاوی، فرآیند شناسایی، اشتراک گذاری و استفاده از دانش و راهکارهای برتر است. این فرآیند، با استفاده از رویکردهای برتر و درجه یک به جای صرفا اندازه گیری بهترین عملکرد، روی بهبود هر فرآیند تجاری تمرکز دارد. یافتن، مطالعه و پیاده سازی راهکارهای برتر، بزرگ ترین فرصت را برای کسب مزایای استراتژیک، عملیاتی و مالی فراهم می کند.

به طور غیررسمی، بهینه کاوی به عنوان راهکاری تعریف می شود که در آن فرد [یا سازمان] به اندازه کافی فروتن است تا بپذیرد که دیگران در یک موضوع خاص بهتر هستند و به اندازه کافی هوشمند است که سعی می کند یاد بگیرد چگونه می تواند با آنها رقابت کرده، حتی از آنها پیشی بگیرد. بهینه کاوی عموما با صرفا تعدادی عملیات اندازه گیری، بازدیدهای میدانی و گردش های صنعتی، کپی و یا جاسوسی اشتباه گرفته می شود. ولی این فرآیند نباید به عنوان یک مسیر سریع و آسان تصور شود. به جای آن، باید

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

بهینه کاوی را به عنوان یک فرآیند پیوسته و بخشی از بهبود مستمر در نظر گرفت. فرآیند بهینه کاوی، ابتکارهای بهبود مستمر و بهبود نوآورانه را در یک سیستم مدیریت تغییر تلفیق می کند. اگرچه بهینه کاوی به راحتی با فعالیت های استراتژیکی مانند بهبود مستمر، مهندسی مجدد و مدیریت کیفیت جامع قابل یکپارچه سازی است، ولی این ابتکار یک فرآیند مجزا است که به تنهایی برای سازمان ارزش به ارمغان می آورد.

انواع بهینه کاوی

به طور کلی دو نوع بهینه کاوی وجود دارد:

۱. بهینه کاوی داخلی

۲. بهینه کاوی خارجی

الف) بهینه کاوی در صنعت مشابه

ب) بهینه کاوی راهکارهای برتر

بهینه کاوی داخلی

بهینه کاوی داخلی به طور معمول شامل فرآیندها یا بخش های مختلف داخل یک کارخانه یا سازمان است. این نوع بهینه کاوی مزایایی مانند سهولت جمع آوری و مقایسه داده ها دارد – برخی از توانمندسازها مانند سطح مهارت کارکنان و فرهنگ به طور کلی مشابه خواهد بود. با این حال، بزرگ ترین ایراد بهینه کاوی داخلی این است که احتمالا به هیچ بهبود نوآورانه خارق العاده ای منجر نخواهد شد.

بهینه کاوی خارجی

بهینه کاوی خارجی بیرون از سازمان انجام شده، فرآیندهای تجاری مشابه یا بهترین های هر صنعت را مقایسه می کند.

بهینه کاوی در صنعت مشابه از شرکای خارجی در صنعت مشابه یا فرآیندهای مشابه استفاده می کند؛ این نوع بهینه کاوی شیوه های آنها و داده هایشان را به اشتراک می گذارد. ممکن است این فرآیند در برخی صنایع دشوار باشد، ولی بسیاری از سازمان ها مشکلی برای به اشتراک گذاردن اطلاعات غیراختصاصی شان ندارند. این نوع بهینه کاوی معمولا روی برآورده کردن یک استاندارد عددی تمرکز داشته، بهبود یک فرآیند کسب و کاری خاص را دنبال نمی کند. بهبودهای کوچک یا تدریجی در این نوع بهینه کاوی مشاهده شده است.

بهینه کاوی راهکارهای برتر روی یافتن بهترین یا رهبر در یک فرآیند خاص و همکاری با آنها برای مقایسه شیوه ها و داده های شان تمرکز دارد.

متدولوژی بهینه کاوی

یکی از عناصر اساسی یک فعالیت موفق بهینه کاوی، پیروی از یک فرآیند استاندارد شده است. انتخاب مناسب ترین شریک بهینه کاوی نیازمند درک عمیقی از فرآیند مورد مطالعه و همچنین خود فرآیند بهینه کاوی است. چنین درکی برای تطبیق راهکارهای برتر و پیاده سازی تغییرات در هر فرهنگ منحصر به فرد سازمانی هم لازم است. به طور ساده، پیاده سازی موفق راهکار برتر مستلزم متناسب سازی و تطبیق آن با فرهنگ هر سازمان است. این فرآیند پویا، غالباً شامل یافتن و جمع آوری دانش و راهکارهای برتر داخلی سازمان، به اشتراک گذاشتن و درک آنها به منظور استفاده از آنها و تطبیق و اعمال آن راهکارهای برتر در شرایط جدید و موجود، به منظور بالا بردن سطح عملکرد است. برای پیاده سازی موفقیت آمیز یک فعالیت بهینه کاوی، مراحل زیر توصیه می شوند:

۱. انجام تجزیه و تحلیل داخلی.
۲. مقایسه داده ها با بهینه کاوی های موجود.
۳. شناسایی شکاف ها در یک حوزه خاص.
۴. تعیین اهداف و تعریف دامنه.
۵. شناسایی شرکای بهینه کاوی.
۶. جمع آوری اطلاعات.
- الف. تحقیق و توسعه پرسشنامه.
- ب. برنامه ریزی بازدیدهای بهینه کاوی.
۷. یادگیری گام به گام – گردآوری نتایج.
۸. انتخاب راهکار برای پیاده سازی.
۹. توسعه برنامه و اعمال بهبودها – متناسب سازی راهکار.
۱۰. بازبینی پیشرفت و انجام تغییرات در صورت لزوم.

چالش های بهینه کاوی

منشور اخلاقی^{۴۳}

بهینه کاوی ممکن است مشکلات بالقوه ای ایجاد کند، از ساده ترین سوء تفاهم ها تا مشکلات قانونی جدی. برای کاهش احتمال این نوع مشکلات، به شدت توصیه می شود تیم های بهینه کاوی از یک منشور اخلاقی ساده پیروی کنند.

⁴³ Code of Conduct

قانونی

در هیچ شرایطی خودتان یا شریکتان وارد گفتگوها یا اقداماتی نشوید که بتوان آن را غیرقانونی تعبیر کرد. فعالیت های بالقوه غیرقانونی می تواند شامل مسایلی مانند بحث در مورد هزینه ها یا قیمت ها باشد، اگر منجر به ادعاهایی در مورد تثبیت قیمت (انحصارات) یا تقلب در بازار شود.

صریح باشید

در ابتدای گفتگو، شفافیت کامل درباره سطح انتظارات شما در مورد تبادل اطلاعات، بسیار مفید است.

حفظ محرمانگی

با اطلاعاتی که از شرکای بهینه کاوی دریافت می کنید، باید با همان احتیاط و توجهی برخورد کنید که در مورد اطلاعات اختصاصی سازمان خودتان انجام می دهید. ممکن است بخواهید با شریک بهینه کاوی خود، یک توافقنامه عدم افشای اطلاعات منعقد کنید.

استفاده از اطلاعات

از اطلاعات بهینه کاوی که از شریک خود دریافت می کنید، برای هیچ هدفی غیر از هدفی که در توافقنامه مشخص کرده اید، استفاده نکنید.

قانون طلایی بهینه کاوی

با شرکای بهینه کاوی خود و اطلاعات آنها به همان شیوه ای رفتار کنید که می خواهید با شما و اطلاعات شما رفتار شود.

نبود تعاریف/استاندارد شده

یکی از چالش های فرآیند بهینه کاوی نگهداشت و قابلیت اطمینان، نبود تعاریف استاندارد شده برای اصطلاحات M&R، از جمله معیارهای سنجش است. ما براساس تجربه خود می دانیم که در طول فرآیند بهینه کاوی، شرکای بهینه کاوی معمولاً مدت زمان قابل توجهی را صرف یادگیری برای درک اصطلاحات یکدیگر می کنند. این اصطلاحات شامل معیارهای سنجش است و همچنین این که چه داده هایی برای برآورده کردن یک معیار خاص مورد نیاز است. برای غلبه بر این چالش، انجمن متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان (SMRP)، اقدام به تعریف و استانداردسازی اصطلاحات M&R کرده است. تیم SMRP یک فرآیند توسعه بسیار دقیق و زمان بر را برای استانداردسازی اصطلاحات مربوط به نگهداشت و قابلیت اطمینان و دریافت بازخورد از جامعه M&R برای اطمینان از اعتبار آن تعاریف و استانداردها انجام داده است.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

تیم راهکارهای برتر SMRP حدود دویست اصطلاح را تعریف و استانداردسازی کرده است. با این حال، به منظور برآورده کردن نیازهای جامعه بزرگتر M&R، اخیراً یک سند جدید به نام "راهنمای حرفه ای برای واژگان نگهداشت و قابلیت اطمینان" توسط گولاتی^{۴۴}، کان^{۴۵} و بالدوین^{۴۶} منتشر شده است. این سند شامل فهرست بسیار جامعی از بیش از ۳۰۰۰ تعریف و مخفف در زمینه M&R، از جمله مدیریت پروژه و کیفیت است.

ابتکار انجمن متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان (SMRP)

تلاش SMRP [برای بهینه کاوی] توسط کمیته راهکارهای برتر آن انجام می شود. این کمیته در حال توسعه تعاریف مربوط به معیارهای سنجش کلیدی عملکرد M&R بوده است. این معیارهای سنجش، با استفاده از اجماع جمعی و بررسی جامع توسط کارشناسان موضوعات مرتبط از جمله استفاده از نظرسنجی های تحت وب، به استانداردهای صنعتی تبدیل می شوند. به عنوان یک استاندارد صنعتی، این معیارها می توانند در فرآیند بهینه کاوی و هنگام جستجوی راهکارهای برتر مورد استفاده قرار گیرند. استانداردسازی کمک می کند تا یک زبان مشترک در زمینه M&R ایجاد شود که در حال حاضر بسیار نیاز است. فرآیند توسعه ای که توسط کمیته راهکارهای برتر SMRP استفاده می شود، یک فرآیند شش مرحله ای است:

۱. انتخاب معیارهای سنجش کلیدی
۲. آماده سازی توصیف های معیارسنجش
۳. بازبینی و اجماع توسط کمیته
۴. بازبینی و بازخورد از کارشناسان موضوعات مرتبط
۵. بازبینی نهایی و ویرایش توسط کمیته
۶. انتشار

تیم راهکارها / معیارهای برتر قالبی^{۴۷} توسعه داده اند تا یک روش یکنواخت برای توصیف هر معیار سنجش فراهم کنند. عناصر اصلی هر معیار سنجش عبارتند از:

- **عنوان:** نام معیار سنجش
- **تعریف:** تعریف مختصر و قابل فهمی از معیار سنجش با اصطلاحات ساده
- **اهداف:** این معیار طراحی شده است تا چه چیزی را اندازه گیری یا گزارش کند
- **فرمول:** معادله ریاضی مورد استفاده برای محاسبه معیارهای سنجش

⁴⁴ Gulati

⁴⁵ Kahn

⁴⁶ Baldwin

⁴⁷ template

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- **تعاریف اجزا:** تعریف واضح هر یک از اصطلاحاتی که در فرمول معیار سنجش استفاده می شوند
- **صلاحیت ها:** راهنمایی در مورد زمانی که باید معیارها را به کار بگیریم و زمانی که نباید از آنها استفاده کنیم

- **محاسبه نمونه:** محاسبه نمونه ای با استفاده از فرمول با مقادیر واقعی

برای مشاهده لیست فعلی معیارهای سنجش SMRP و اطلاعات دیگر در مورد راهکارها و معیارهای برتر، به وبسایت SMRP به آدرس www.smrp.org مراجعه کنید. شکل ۴.۹ لیستی از معیارهای توسعه داده شده توسط تیم راهکارهای SMRP را نشان می دهد.

شماره	معیار سنجش	ستون SMRP	شماره	معیار سنجش	ستون SMRP
۱	برآوردهای هزینه واقعی به برنامه ریزی	۵ - مدیریت کار	۳۶	نسبت برنامه ریز به نیروی فنی	۵ - مدیریت کار
۲	دسترسی (قابلیت دسترسی)	۲ - قابلیت اطمینان فرآیند	۳۷	شاخص انحراف برنامه ریزی	۵ - مدیریت کار
۳	هزینه نگهداشت مبتنی بر وضعیت	۵ - مدیریت کار	۳۸	پایبندی به PM و PdM (CBM)	۵ - مدیریت کار
۴	ساعت نگهداشت مبتنی بر وضعیت	۵ - مدیریت کار	۳۹	اثربخشی PM و PdM (CBM)	۵ - مدیریت کار
۵	نفر ساعت بهبود مستمر	۵ - مدیریت کار	۴۰	دستور کار انباشته PM و PdM (CBM)	۵ - مدیریت کار
۶	نیروی انسانی پیمانکار	۵ - مدیریت کار	۴۱	دستور کارهای منقضی شده PM و PdM (CBM)	۵ - مدیریت کار
۷	هزینه نگهداشت اصلاحی	۵ - مدیریت کار	۴۲	نتیجه PM و PdM (CBM)	۵ - مدیریت کار
۸	ساعت های نگهداشت اصلاحی	۵ - مدیریت کار	۴۳	هزینه نگهداشت پیشگیرانه (PM)	۵ - مدیریت کار
۹	نیروهای فنی در هر شیفت	۵ - مدیریت کار	۴۴	ساعت نگهداشت پیشگیرانه (PM)	۵ - مدیریت کار
۱۰	درخواست های خرید اضطراری	۵ - مدیریت کار	۴۵	کار پیش کنشی	۵ - مدیریت کار
۱۱	زمان بیکاری	۲ - قابلیت اطمینان فرآیند	۴۶	نسبت کارکنان نگهداشت غیرمستقیم به مستقیم	۵ - مدیریت کار

۱۲	موجودی غیرفعال	۵ - مدیریت کار	۴۷	RAV (\$) به تعداد نیروی فنی	۱ - مدیریت کسب و کار
۱۳	هزینه غیرمستقیم کارکنان نگهداشت	۵ - مدیریت کار	۴۸	کار واکنشی	۵ - مدیریت کار
۱۴	موجودی غیرمستقیم	۵ - مدیریت کار	۴۹	کار انباشته آماده	۵ - مدیریت کار
۱۵	هزینه کارکنان نگهداشت خارجی	۵ - مدیریت کار	۵۰	پایبندی به زمان بندی	۵ - مدیریت کار
۱۶	هزینه نگهداشت به عنوان درصدی از ارزش جایگزینی دارایی (RAV)	۱ - مدیریت کسب و کار	۵۱	پایبندی به زمان بندی - دستور کارها	۵ - مدیریت کار
۱۷	هزینه نگهداشت به ازای واحد تولید	۱ - مدیریت کسب و کار	۵۲	زمان از کار افتادگی زمان بندی شده	۳ - قابلیت اطمینان تجهیز
۱۸	حاشیه نگهداشت ^{۴۸}	۱ - مدیریت کسب و کار	۵۳	دستور کارهای راکد	۵ - مدیریت کار
۱۹	هزینه مواد نگهداشت	۵ - مدیریت کار	۵۴	عدم موجودی در انبار	۵ - مدیریت کار
۲۰	هزینه توقف کامل نگهداشت	۵ - مدیریت کار	۵۵	ارزش انبار به % RAV	۱ - مدیریت کسب و کار
۲۱	هزینه آموزش نگهداشت به صورت درصدی از کل	۴ - شیفت های کارکنان	۵۶	سوابق انبار	۵ - مدیریت کار
۲۲	ساعت های آموزش نگهداشت به صورت درصدی از کل	۴ - شیفت های کارکنان	۵۷	تراکشی های انبار	۵ - مدیریت کار
۲۳	بازگشت سرمایه (ROI) آموزش نگهداشت	۴ - شیفت های کارکنان	۵۸	گردش موجودی انبار	۵ - مدیریت کار
۲۴	MDT	۳ - قابلیت اطمینان تجهیز	۵۹	نسبت سرپرست به نیروی فنی	۵ - مدیریت کار
۲۵	MTRF	۳ - قابلیت اطمینان تجهیز	۶۰	سیستم هایی که تحلیل حساسیت شده اند	۳ - قابلیت اطمینان تجهیز
۲۶	MTRM	۳ - قابلیت اطمینان تجهیز	۶۱	زمان از کار افتادگی کل	۳ - قابلیت اطمینان تجهیز

⁴⁸ Maintenance Margin

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۲۷	MTTF	۳- قابلیت اطمینان تجهیز	۶۲	نسبت زمان عملیاتی کل	۲- قابلیت اطمینان فرآیند
۲۸	MTTR	۳- قابلیت اطمینان تجهیز	۶۳	کار برنامه ریزی نشده	۵- مدیریت کار
۲۹	OEE	۲- قابلیت اطمینان فرآیند	۶۴	از کار افتادگی زمان بندی نشده	۳- قابلیت اطمینان تجهیز
۳۰	OEE + 24x7	۲- قابلیت اطمینان فرآیند	۶۵	زمان آماده به کاری	۲- قابلیت اطمینان فرآیند
۳۱	هزینه اضافه کاری نگهداشت	۵- مدیریت کار	۶۶	نرخ بهره برداری	۲- قابلیت اطمینان فرآیند
۳۲	ساعت های اضافه کاری نگهداشت	۵- مدیریت کار	۶۷	مدیریت انبار تأمین کننده	۵- مدیریت کار
۳۳	کار انباشته برنامه ریزی شده	۵- مدیریت کار	۶۸	کهنه شدن ^{۴۹} دستور کار	۵- مدیریت کار
۳۴	کار برنامه ریزی شده	۵- مدیریت کار	۶۹	چرخه دستور کار	۵- مدیریت کار
۳۵	اثربخشی برنامه ریز	۵- مدیریت کار	۷۰	زمان آچار	۵- مدیریت کار

شکل ۴.۹- لیست معیارهای سنجش SMRP

بهینه کاوی های کلیدی راهکارهای برتر نگهداشت و قابلیت اطمینان:				
یک چهارم				
IV	III	II	I	کارخانه / سازمان / فرآیند
5.0%>	3.0%-5.0%	2.5%-3.0%	2.5>	هزینه های نگهداشت به صورت درصدی از ارزش جایگزینی دارایی (RAV) %

⁴⁹ Aging

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

بسته به واحد تولید متغیر است (5-15%)				هزینه های نگهداشت به هر واحد خروجی
بسته به سازمان متغیر است				بازده دارایی (RONA)
>20%	10-20%	5-10%	<5%	درصد اضافه کاری
<20	20-48	48-80	>80	ساعت های آموزش / نفرات
>3	1-3	0.5-1	<0.5	عملکرد ایمنی - جراحات های ثبت شده طبق OSHA / ۲۰۰ هزار ساعت
				کل دارایی / سیستم / فرآیند
<80%	80%-95%	95%-97%	>97%	قابلیت دسترسی
>5%	3-5%	1-3%	<1%	درصد زمان از کار افتادگی نسبت به کل زمان برنامه ریزی شده (عملیاتی)
<40%	40-60%	70-80%	>80%	اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)
				برنامه ریزی و زمان بندی و انبار MRO
<80%	80%-95%	95%-99%	>99%	% ساعت های گزارش شده در CMMS نسبت به ساعت های هزینه شده (پرداخت شده)
>30%	20%-30%	10%-20%	<10%	% کار صرف شده روی دستور کارهای متفرقه نسبت به کل
<65%	65%-75%	75%-85%	>85%	% کارهای برنامه ریزی شده نسبت به کل کار

Estimate±25 %	Estimate±20 %	Estimate±15 %	Estimate±10 %	صحت برنامه ریزی (ساعت های تخمین رده شده به ساعت های واقعی)
<60%	60%-75%	75%-90%	>90%	پایبندی به زمان بندی به %
>30%	20%-30%	10%-20%	<10%	% کار واکنشی (کار اضطراری) به کل
<30%	30%-50%	50%-60%	>60%	اثربخشی نیروی انسانی (زمان آچار) به %
>10%	5%-10%	2%-5%	<2%	ساعت های دوباره کاری (کیفیت پایین) % به کل ساعت های کار
<60%	60%-80%	80%-95%	>95%	% دستور کارهای بسته شده با توضیحات (کیفیت داده)
<1	1-1.5	1.5-2	>2	گردش موجودی (انبار MRO)
<90%	90%-95%	95%-98%	>98%	صحت موجودی به %
				نگهداشت، پیشگیرانه و CBM/PdM
<20%	20%-40%	40%-60%	60%	% ساعت های پیشگیرانه و CBM/PdM نسبت به ساعت های کل
<75%	75%-90%	90%-95%	>95%	پایبندی به زمان بندی پیشگیرانه و CBM/PdM
<10%	10%-20%	20%-25%	>25%	% کارهای ایجاد شده توسط PM و CBM/PdM

نسبت به ساعت های کل				
% تحلیل علت ریشه ای شکست (RCFA) انجام شده برای شکست ها	>95%	80%-95%	60%-80%	<60%
برنامه قابلیت اطمینان				
میانگین زمان بین خرابی / تعمیر – MTBF/MTT R ردیابی شده	بسته به سازمان و نوع دارایی ها متغیر است			
عیوب شناسایی شده پیش از شکست	>95%	80%-95%	50%-80%	<50%
% تعداد شکست های ناشی از روانکاری به کل	0%	<5%	5%-20%	20%

شکل ۵.۹- بهینه کاوی های کلیدی راهکارهای برتر نگهداشت و قابلیت اطمینان

معیارهای مرجع (بهینه کاوی ها)

یک معیار مرجع به معنای اندازه گیری عملکرد بهترین عملکرد است، در حالی که بهینه کاوی به جستجوی واقعی راهکارهای برتر اشاره دارد. سپس بر این تأکید می شود که چگونه می توانیم این فرآیند را برای دستیابی به نتایج برتر به کار بگیریم. بنابراین، یک معیار مرجع، یک استاندارد یا مجموعه ای از استانداردها است که به عنوان مرجعی برای ارزیابی عملکرد یا سطح کیفیت استفاده می شود. معیارهای مرجع ممکن است از تجربیات خود سازمان، از تجربیات دیگران در صنعت یا از الزامات نظارتی مانند آنهایی که از سوی آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) یا سازمان ایمنی و بهداشت حرفه ای (OSHA) صادر می شوند، استخراج شوند.

اگر می خواستیم فتح جهان را بهینه کاوی کنیم، چه معیار سنجش هدفی برای مقایسه ژولیوس سزار با اسکندر، یا چنگیزخان با ناپلئون استفاده می کردیم؟ کدام یک از آنها بهترین نمونه است و چرا؟ ما همین کار را در کسب و کار انجام می دهیم. کدام سازمان بهترین برنامه PdM را دارد؟ بخش خدمات مشتریان کدام سازمان پاسخگوتر است؟ کدام سازمان بهترین برنامه برنامه ریزی / زمان بندی را دارد؟ چه کسی بهترین عملیات تولید ناب را دارد؟ و چگونه می توانیم این استانداردها را عددی کنیم؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

شکل ۵.۹ فهرستی از معیارهای مرجع کلیدی راهکارهای برتر نگهداشت و قابلیت اطمینان را نشان می‌دهد.

۶.۹ خلاصه

اندازه گیری عملکرد ابزاری برای ارزیابی پیشرفت نسبت به مقاصد و اهداف مشخص شده، به روشی قابل کمی سازی و بدون سوگیری است. این مفهوم همراه خود تأکید بر واقع گرایی، پایداری، بی طرفی و پاسخگویی را دارد. در عین حال، به عنوان یک شاخص قابل اطمینان برای سلامت سازمان عمل می‌کند. تأثیر آن روی یک سازمان می‌تواند هم بلافاصله و هم دور از دسترس باشد.

اندازه گیری عملکرد پرسشی را مطرح می‌کند: "موفقیت واقعا به چه معناست؟" این مفهوم به تکمیل کارها در قالب خروجی ها و نتایج نگاه می‌کند و از ما می‌خواهد بررسی کنیم که فرآیندهای عملیاتی چگونه به اهداف سازمانی مرتبط هستند. معیارهای سنجش عملکرد، اگر به درستی پیاده‌سازی شوند، براساس مقدار پولی که صرف می‌شود یا نوع فعالیت‌های انجام شده ارزیابی نمی‌شوند، بلکه ارزیابی آنها براساس اینکه آیا سازمان نتایج واقعی و قابل لمسی تولید کرده است، انجام می‌شود.

هدف واقعی معیارهای سنجش باید تغییر رفتار باشد تا مردم کارهای درست را انجام دهند. هدف فرعی، تعیین وضعیت سلامت فرآیند یا دارایی‌های در حال پایش است. یک معیار سنجش چیزی بیش از یک اندازه گیری استاندارد برای ارزیابی عملکرد در یک حوزه خاص نیست. با این حال، ضروری است که مطمئن شویم که چیزهای درستی اندازه گیری می‌شوند.

شاخص‌های عملکرد می‌توانند پیشرو یا تأخیری باشند. هدف از استفاده از این شاخص‌ها، اندازه گیری عملکرد فرآیند یا دارایی و کمک به تشخیص این نکته است که آیا فرآیند خوب کار می‌کند یا نه. شاخص‌های پیشرو و تأخیری اطلاعاتی را فراهم می‌کنند تا روندهای مثبت بتوانند تقویت شده، روندهای نامطلوب از طریق تغییرات فرآیندی اصلاح شوند. شاخص‌های پیشرو فرآیند را اندازه گیری کرده، تغییرات و روندهای آینده را پیش بینی می‌کنند. شاخص‌های تأخیری نتایج را اندازه گیری کرده، روندهای بلندمدت را تصدیق می‌کنند. بسته به اینکه یک شاخص در کجای فرآیند به کار می‌رود، ممکن است آن شاخص پیشرو یا تأخیری باشد. شاخص‌های تأخیری یک فرایند، می‌توانند شاخص‌های پیشروی فرآیند دیگری باشند.

یک معیار مرجع، مقیاس اندازه گیری بهترین عملکرد است. بهینه کاوی به جستجوی راهکارهای برتری اشاره دارد که با تأکید بر چگونگی پیاده سازی راهکار برتر، باعث رسیدن به سطح عملکرد معیار مرجع می‌شوند.

در نهایت، توسعه یک سیستم اندازه گیری عملکرد که بازخورد مرتبط به اهداف یک سازمان را فراهم کرده، در دستیابی به این اهداف به صورت کارآ و اثربخشی کمک می‌کند، ضروری است. یک سیستم اندازه گیری عملکرد موفق باید:

- شامل مجموعه‌ای متوازن از تعداد محدودی معیار مهم باشد.
- گزارش های به موقع و مفید با هزینه معقول و براساس داده های کیفی و دقیق ارائه کند.
- اطلاعاتی را منتشر کند و نمایش دهد که توسط همه در سازمان به سادگی قابل به اشتراک گذاری، درک و استفاده باشد.
- در مدیریت و بهبود فرآیندها و ثبت دستاوردها کمک کند.
- از ارزش های بنیادین سازمان و رابطه سازمان با مشتریان، تأمین کنندگان و سایر ذی نفعان پشتیبانی کند.

۷.۹ پرسش های خودآزمایی

- پ ۱.۹. چرا به یک سیستم اندازه گیری عملکرد نیاز داریم؟ مزایای چنین سیستمی چیست؟
- پ ۲.۹. مزایای بهینه کاوی چیست؟
- پ ۳.۹. توضیح دهید معیار مرجع "کلاس جهانی" به چه معناست؟
- پ ۴.۹. ویژگی‌های کلیدی یک معیار سنجش چیست؟
- پ ۵.۹. معیارهای سنجش پیشرو و تأخیری را توضیح دهید.
- پ ۶.۹. چه نوع معیارهایی نتیجه را نشان می‌دهند؟
- پ ۷.۹. مدل کارت امتیازی متوازن را توضیح دهید.
- پ ۸.۹. انواع گوناگون بهینه کاوی را توضیح دهید. مزایای بهینه کاوی خارجی چیست؟
- پ ۹.۹. در مورد مشکلات جمع آوری و کیفیت داده ها بحث کنید. چگونه می توانیم کیفیت داده ها را بهبود دهیم؟
- پ ۱۰.۹. پنج معیار برای اندازه گیری عملکرد کلی فعالیت های نگهداشت در سطح کارخانه را بیان کنید. دلیل انتخاب این معیارهای را توضیح دهید.

۸.۹ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Camp, Robert. Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance. Productivity Press, 1989, 2006.
2. Kaplan, Robert. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Harvard Business Press, 1996.
3. Mitchell, John. Physical Asset Management Handbook. 4th edition. Clarion Technical Publishing, 2007.
4. Wireman, Terry. Benchmarking: Best Practices. Industrial Press, 2005.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

5. Wireman, Terry. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. 2nd Edition. Industrial Press, 2005.

فصل ۱۰

مدیریت نیروی کار

آنچه که می‌شنوم، فراموش می‌کنم. آنچه که می‌بینم، به یاد می‌سپارم. آنچه که انجام می‌دهم، می‌فهمم.
کونگ فو تزو (کنفوسیوس)

- ۱.۱۰ مقدمه
- ۲.۱۰ واژگان و تعاریف کلیدی
- ۳.۱۰ چرخه عمر نیروی کار
- ۴.۱۰ درک شکاف بین نسلی
- ۵.۱۰ مهارت های ارتباطی
- ۶.۱۰ توسعه انسانی
- ۷.۱۰ مدیریت منابع و ساختار سازمانی
- ۸.۱۰ اندازه گیری عملکرد
- ۹.۱۰ خلاصه
- ۱۰.۱۰ پرسش های خودآزمایی
- ۱۱.۱۰ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از مطالعه این فصل، شما قادر خواهید بود موارد زیر را درک کنید:

- دیدگاه دمینگ برای بهبود اثربخشی سازمانی
- چرخه های عمر نیروی کار
- شکاف بین نسلی و پیر شدن نیروی کار
- مسایل ارتباطی
- مسایل مرتبط با توسعه انسانی
- انواع آموزش و بهینه کاوی ها
- چالش های مرتبط با گوناگونی
- چالش های مدیریت نیروی کار، از جمله ساختارهای سازمانی و برون سپاری

۱.۱۰ مقدمه

انسان ها اتفاق ها را رقم می زنند و کارها را انجام می دهند. ممکن است برنامه های بزرگ و بهترین فرآیندها را داشته باشیم، ولی اگر افراد با مهارت های درست در دسترس نباشند، این برنامه ها و فرآیندها به طور مؤثری پیاده سازی یا اجرا نخواهند شد. توسعه انسانی – نیروی کار – و توانمندسازی آنها برای بهترین عملکرد، کلید تعیین تفاوت بین یک شرکت معمولی و یک سازمان بزرگ است. علاوه بر این، باید فرآیندها و فناوری مناسب برای پرورش و بهره برداری از پتانسیل سرمایه انسانی وجود داشته باشد.

فرآیندهای نگهداشت و قابلیت اطمینان با هیچ فرآیند دیگری در محیط کار متفاوت نیستند. سازمان هایی که به عنوان "بهترین از بهترین" یا "کلاس جهانی" شناخته می شوند، از بسیاری از اصول کلیدی یکسان استفاده می کنند. دکتر ادوارد دمنینگ^۱، یک متخصص برجسته جهانی در زمینه کیفیت، ۱۴ اصل زیر را به ما ارائه داده است که هر سازمانی می تواند از آنها برای بهبود اثربخشی خود استفاده کند.

۱. پایدار سازی هدف در راستای بهبود.

برنامه ریزی بلندمدت را جایگزین واکنش کوتاه مدت کنید. هدف، رقابت پذیری و بقا در کسب و کار است.

۲. اتخاذ فلسفه جدید.

ما در عصر اقتصادی جدیدی هستیم. مدیریت باید به این چالش پاسخ دهد، مسؤولیت های خود را یاد گرفته، رهبری برای تغییر و بهبود را بر عهده بگیرد و فقط از نیروی کار انتظار انجام آن را نداشته باشد.

۳. قطع وابستگی به بازرسی.

اگر انحراف کاهش داده شود، نیازی به بازرسی محصولات تولیدی برای یافتن عیب و نقص نخواهد بود، زیرا هیچ نقصی وجود نخواهد داشت. کیفیت را از ابتدا در محصول بسازید. بازرسی فعالیتی با ارزش افزوده نیست.

۴. پایان دادن به عملیات انتخاب فروشنده براساس برچسب قیمت (حداقل هزینه).

به سوی یک تأمین کننده واحد برای هر کالا/خدمت حرکت کنید. چندین تأمین کننده به معنی تغییر بین مواد اولیه است. با تأمین کنندگان رابطه طولانی مدت و اعتماد بسازید.

۵. بهبود پیوسته و همیشگی.

¹ W. Edwards Deming

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

همیشه سعی کنید سیستم تولید و خدمات را بهبود ببخشید، کیفیت و بهره وری را افزایش دهید و در نتیجه همیشه هزینه ها را کاهش دهید.

۶. ایجاد آموزش حین کار.

اگر افراد (نیروی کار) برای انجام درست کار به قدر کافی آماده و آموزش دیده نباشند، باعث ایجاد انحراف و عیوب می شوند. مهارت های جدیدی برای پیگیری تغییرات در مواد، روش ها، محصولات و خدمات لازم است.

۷. ایجاد رهبری.

رهبری با سرپرستی ساده تفاوت دارد. سرپرستی محدود کننده و هدف محور است. هدف سرپرستی باید کمک به افراد، ماشین ها و ابزارها برای انجام کار بهتر باشد.

۸. از بین بردن ترس.

دمینگ مدیریت براساس ترس را در بلندمدت ضد بهره وری می داند، زیرا باعث می شود که افراد از عمل به نفع سازمان خودداری کنند.

۹. از بین بردن موانع بین واحدها.

همه افراد در سازمان که در بخش های تحقیق، طراحی، فروش، عملیات / تولید و نگهداشت کار می کنند، باید به صورت یک تیم کار کنند تا مشکلات عملیات / تولید و مسایل مرتبط با رضایت مشتری را، که ممکن است با محصول یا خدمت روبرو شوند، پیش بینی کنند. سازمان باید مفهوم مشتری داخلی را پایه گذاری کند که در آن هر بخش به بخش های دیگر – نه مدیریت، بلکه بخش های دیگری که خروجی هایش را دریافت می کنند – خدمت رسانی می کند.

۱۰. حذف شعارها و پندها.

کارکنان اشتباه نمی کنند؛ بلکه فرآیندهایی که درون آنها کار می کنند دچار خطا می شوند. استفاده از شعارها، پوسترها و پندها برای نیروی کار را حذف کنید. درخواست عیوب صفر یا خرابی صفر و سطوح جدید بهره وری بدون فراهم کردن روش های بهبود یافته اشتباه است. فشار وارد کردن روی نیروی کار بدون بهبود فرآیندهایی که از آنها استفاده می کنند، ضد بهره وری است.

۱۱. حذف اهداف عددی دست نیافتنی.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

استانداردهای کاری را که برای نیروی کار حداقل تعداد (سهیمیه) و برای مدیران اهداف عددی تعیین می‌کنند، حذف کنید. به جای آن، برای رسیدن به بهبود مستمر کیفیت و بهره‌وری، همکاری و رهبری مفید را جایگزین کنید.

۱۲. اجازه دادن به عزت نفس نیروی کار.

موانعی را که از افراد عزت نفس در کار آنها را می‌گیرند، از بین ببرید. مسؤولیت مدیران، سرپرستان و استادکارها باید از تعداد خالص به کیفیت تغییر کند. به کارکنان اجازه دهید محصولات نهایی خود را ببینند. این کار حس مالکیت ایجاد و به تولید ایده‌های جدید برای بهبود کمک می‌کند.

۱۳. ایجاد آموزش و بهبود شخصی.

یک برنامه قوی تعلیم، آموزش و تشویق به بهبود شخصی برای همه ایجاد کنید. سازمان فقط نیاز به افراد خوب ندارد؛ بلکه به افرادی نیاز دارد که با آموزش بهبود می‌یابند. پیشرفت در جایگاه رقابتی در بازار، ریشه در دانش دارد.

۱۴. تحول کار همه است.

ساختاری در مدیریت ارشد ایجاد کنید که هر روز روی نکات ذکر شده فشار بیاورد. برای دستیابی به تحول باید اقدام کنید. پشتیبانی به تنهایی کافی نیست؛ اقدام هم لازم است؛ همه افراد سازمان را برای دستیابی به تحول به کار بگیرید.

بیشتر اصول دکتر دمنینگ با نیروی کار مرتبط هستند، از جمله مدیریت و نقش آنها در تأمین، آماده‌سازی و آموزش نیروی کار، همچنین بهبود فرآیندها برای رسیدن به بهره‌وری. این نکات می‌توانند در هر سازمانی، از کوچک تا بزرگ و در هر صنعتی (خدمات، تولید و غیره) به کار گرفته شوند.

در این فصل، ما درباره افراد - نیروی کار - صحبت خواهیم کرد. چه کارهایی برای استخدام افراد مناسب، آماده‌سازی آنها با مجموعه مهارت‌های مناسب و سپس حفظ آنها برای انجام اثربخش کارهایشان نیاز است؟ این موضوع یک چالش بسیار مهم در اقتصاد جهانی امروز و نیروی کاری با تنوع جمعیتی است.

۲.۱۰ واژگان و تعاریف کلیدی

ارتباطات

انتقال موثر اطلاعات از یک طرف به طرف دیگر؛ مبادله اطلاعات بین افراد از طریق سیستم مشتری از نمادها، نشانه‌ها یا رفتار.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

افراد شایسته

افرادی که به دلیل دانش، آموزش، صلاحیت ها، گواهینامه ها یا تجربه خود، لیاقت لازم برای انجام وظایف شغلی خود را دارند.

برنامه ریزی جانشینی

یک عنصر کلیدی از فرآیند توسعه نیروی کار است. این برنامه از طریق مربی گری^۲، آموزش و چرخش شغلی، افراد مناسبی را برای جایگزینی بازیگران کلیدی در سازمان شناسایی و آماده می کند.

تأیید صلاحیت^۳

نتیجه برآورده شدن معیارهای تعیین شده توسط یک سازمان گواهی دهنده یا اعتبارسنجی است.

تجزیه و تحلیل وظایف شغلی

تجزیه و تحلیل عناصر گوناگون مربوط به الزامات مهارتی، آموزش و تجربه، نیازهای ذهنی و جسمی، شرایط کاری، مخاطرات شغلی و الزامات و مسؤولیت های عملکردی برای یک شغل خاص.

تنوع^۴ (در محیط کار)

تنوع محیط کار به انواع تفاوت ها بین افراد در یک سازمان اشاره دارد. تنوع شامل نژاد، جنسیت، گروه قومی، سن، شخصیت، سبک شناختی، سابقه کاری، پست سازمانی، آموزش، پیشینه و غیره است.

چرخه عمر نیروی کار

تمام عمر مفید یک کارمند از استخدام تا بازنشستگی. در این مدت، فرد مهارت های جدیدی یاد گرفته، تا بازنشستگی به یک کارمند بهره ور تبدیل می شود.

ساختار سازمانی (چارت)

نمودار یا نمایش گرافیکی یک سازمان، که درجه های مختلفی از کارکردها، مسؤولیت ها، افراد، اختیارات و روابط بین آنها را نشان می دهد.

² mentoring

³ Certification

⁴ Diversity

مشارکت کارکنان

یک شیوه درون سازمانی است که در آن کارکنان به طور مرتب در تصمیم گیری های مربوط به نحوه عملکرد حوزه های کاری خود شرکت می کنند. شامل ارائه پیشنهادهایی برای بهبود، برنامه ریزی، تعیین اهداف و پایش عملکرد است.

نسل ایکس^۵

افرادی که بیشتر در اوایل دهه ۱۹۶۰ تا دهه ۱۹۷۰ متولد شده اند. آنها بسیار جاه طلب و مستقل هستند و سعی می کنند بین الزامات و خواسته های بعضاً متضاد شغلی، خانوادگی و زندگی شخصی خود تعادلی را برقرار کنند.

نسل ایگرگ^۶

افرادی که پس از سال ۱۹۸۰ متولد شده اند. به عنوان نسل هزاره^۷ هم شناخته می شوند. آنها در زمینه فناوری ماهر و مجرب بوده، دارای نگرشی مثبت و عملگرا هستند.

نسل دوران ازدیاد زاد و ولد^۸

نسلی که پس از جنگ جهانی دوم متولد شدند. طبیعتاً ایده آلیست هستند و معمولاً به سازمان خود وفاداری بالایی دارند. آنها براساس سوابق شان احساس تعلق و فداکاری به سازمان خود دارند. مشوق این نسل، قدرت و اعتبار، فرصت های یادگیری و مزایای بلندمدت است.

۳.۱۰ چرخه عمر نیروی کار

چرخه عمر نیروی کار، مرحله ای است که کارمندان از زمان استخدامشان در یک سازمان تا زمان خروج از سازمان، آنها را طی می کنند. متخصصان منابع انسانی اغلب تمرکز خود را بر مراحل این فرآیند معطوف می کنند، به امید اینکه روی برآیند (نتیجه نهایی) آن سازمان تأثیر بگذارند. به طور معمول، هدف آنها کاهش هزینه سازمان به ازای هر کارمند استخدام شده است، که به طور نظری چیز خوبی است. با این حال، فقط نباید به این هدف توجه کرد، زیرا متخصصان منابع انسانی تنها افرادی نیستند که می توانند نیروی کار را با میل و رغبت در سازمان نگاه داشته، باعث بهره وری آنها در سازمان شوند. مدیرانی که

⁵ Generation Xers

⁶ Generation Yers

⁷ millenial

⁸ Baby boomers

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

کارمندان جدید برای آنها کار می کنند، می توانند تفاوت واقعی را در علاقه کارمندان برای باقی ماندن در سازمان و افزودن ارزش به سازمان ایجاد کنند.

در فعالیت های روزانه، کارمندان واقعاً برای یک سازمان کار نمی کنند؛ آنها برای یک شخص - یعنی رئیس - کار می کنند. هر قدر رئیس ها خوب تر باشند، بهتر می توانند کارمندان را با انگیزه، خوشحال و بهره ور نگاه داشته، در نتیجه هزینه های مرتبط با جابجایی نیروی کار را کاهش دهند. به عبارت دیگر، مدیران می توانند کارهای کارمندان شان را آسان تر کرده، ارزش سازمان را افزایش دهند.

یکی از مهمترین وظایف مدیران، تضمین این موضوع است که کارمندان درک کاملی از هدف سازمان داشته باشند. به عنوان مثال، همه ی کارمندان شرکت دیزنی، از روز نخست، مطلع می شوند که هدف آنها خلق شادی برای مهمانانشان است. همچنین، شرکت دیزنی مشتریان خود را مهمان می نامد. مهمان واژه بهتری است و معنای عمیق تری نسبت به واژه مشتری دارد. این واژه صمیمیت و نزدیکی بیشتری با افراد ایجاد می کند. این نوع رفتارها از روز نخست به کارمندان کمک می کند تا فرهنگ درست سازمان را دریافت کنند.

امروزه کارمندان یکی از بزرگ ترین هزینه های یک سازمان هستند. برخلاف سایر هزینه های سرمایه ای اصلی مانند ساختمان ها، ماشین آلات و فناوری، سرمایه ی انسانی بسیار فرار است. مدیران در جایگاه های کلیدی قرار داده می شوند تا با کاهش هزینه چرخه عمر نیروی کار در سازمان، این فرآریت را کاهش دهند. این چرخه عمر از چهار مرحله تشکیل شده است:

- استخدام
- الهام بخشی
- تحسین
- بازنشستگی

استخدام

این نخستین مرحله، احتمالاً مهم ترین مرحله است. استخدام بهترین افرادی که می توانیم پیدا کنیم، بسیار مهم است. این مرحله زمانی نیست که به دنبال صرفه جویی و جذب نیروی ارزان قیمت باشیم. هزینه جایگزینی یک استخدام بد، بسیار بیشتر از هزینه اضافی حقوق یا دیگر هزینه های مورد نیاز برای استخدام بهترین فرد در ابتدا است. استعداد را استخدام کنید، نه فقط مهارت های قابل آموزش دادن. مهارت ها را می توان به یک کارمند با استعداد آموزش داد.

سازمان خود را به جایی تبدیل کنید که افراد می خواهند به آنجا بیایند و برای آنجا کار کنند. فرهنگ یک سازمان، می تواند یک ابزار قدرتمند برای استخدام باشد. مطمئن شوید که کارمند جدید اهداف بخش یا سازمان شما را درک کرده است.

الهام بخشی

پس از اینکه بهترین کارمندان را برای تیم خود جذب کردیم، بخش سخت کار آغاز می شود. باید الهام بخش آنها برای انجام بهترین توانایی هایشان باشید. باید آنها را به چالش بکشیم و ترغیب کنیم. در این حالت، آنها بهترین تلاش و خلاقیت خود را برای کمک به تعالی سازمان انجام خواهند داد. به آنها را خوش آمد بگویید. از روز نخست احساس مشارکت در تیم را به آنها القا کنید. برای آنها اهدافی تعیین کنید که سخت، ولی قابل دستیابی باشند. رهبر باشید، نه فقط یک مدیر. تعیین یک مربی برای آنها به منظور کمک به آشنایی با محیط جدید، یک راهکار برتر است. مربی گری یک راهکار برتر دیگر در نخستین مراحل کار نیروی جدید است، که به کارکنان جدید کمک می کند با محیط جدید سازگار شوند. یک راهکار برتر این است که از یک نفر ارشد برای مربی گری کارکنان جدید استفاده کنید.

تحسین

پس از استخدام بهترین کارمندان، ایجاد چالش برای آنها و ترغیب آنها، کار ما برای تشویق آنها ادامه دارد. بزرگترین اشتباه این است که آنها توسط مدیر نادیده گرفته شوند. به محض این که ما شروع به نادیده گرفتن آنها می کنیم، رضایت و انگیزه شان کاهش می یابد. اگر کاری نکنیم، آنها بی علاقه و ناامید شده، از سازمان خارج خواهند شد. آنها بخشی از آمار «گردش نیروی کار» خواهند شد که باید از آن پرهیز شود. ما می خواهیم کارمندانی داشته باشیم که از شنبه تا چهارشنبه کاریشان لذت می برند، نه فقط از پنجشنبه و جمعه. سعی کنید تا حد امکان به کارمندان خود بازخوردهای مثبت بدهید، حتی اگر فقط چند کلمه خوب باشد. به کارهای خوب پاداش و تقدیر مناسب بدهید. به آنها آموزش های اضافی بدهید تا مجموعه مهارت های جدیدی را توسعه دهند.

بازنشستگی

وقتی که کسی پس از خدمت طولانی بازنشسته می شود، زمانی است که ما متوجه می شویم که موفق بوده ایم. زمانی که کارمندان سازمان ما را به عنوان کارفرمای منتخب خود می بینند، پیش ما می آیند و برایمان کار می کنند. زمانی که آنها ما را به عنوان یک مدیر خوب و یک رهبر واقعی می شناسند، در کنارمان باقی می مانند. تا زمانی که ما به آنها الهام، انگیزه و چالش بدهیم، آنها به سطوح بالای تلاشی که سازمان برای شکست دادن رقبا نیاز دارد، ادامه خواهند داد. آنها کارمندان بلندمدت خواهند بود؛ حتی تا زمان بازنشستگی در سازمان باقی می مانند. آنها کارکنان با کیفیت دیگری را هم معرفی خواهند کرد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

حتی اعضای خانواده شان را. سازمان‌ها نسل دوم و حتی سوم کارمندان وفادار را هم جذب و حفظ خواهند کرد.

در طول این مسیر، سازمان خلاق ترین و پربازده ترین کارمندان را با کمترین هزینه در بازار خواهد داشت.

۴.۱۰ درک شکاف بین نسلی

امروزه با کمبود نیروی کار صنعتی ماهر مواجه هستیم، افرادی که بتوانند دارایی‌ها / سیستم‌های پیچیده را در کارخانه‌ها بهره برداری و تعمیر کنند. این موضوع در مورد متخصصان مهندسی و مدیریت هم صدق می‌کند. این کمبود یک تهدید جدی برای رقابت پذیری صنعتی ما به شمار می‌آید. این کمبود در ساختار جمعیتی جامعه ریشه دارد، زیرا اکثر کهنه کارها محیط کار را ترک کرده اند و متولدین نسل ازدیاد زاد و ولد هم در حال نزدیک شدن به بازنشستگی هستند. اصولاً چهار نسل نیروی کار در محیط کاری فعلی حضور دارند. لیست زیر نشان‌دهنده سازماندهی ویلیام اشتراس و نیل هو در کتابشان به نام "نسل‌ها"^۹ است:

نسل ساکت	متولدین ۱۹۲۵-۱۹۴۲
نسل دوران ازدیاد	متولدین ۱۹۴۳-۱۹۶۰
نسل ایکس	متولدین ۱۹۶۱-۱۹۸۱
نسل ایگرگ	متولدین ۱۹۸۲-۲۰۰۱

تفاوت‌های بین نسل‌ها چالش‌های زیادی در محیط کار ایجاد می‌کند. این چالش‌ها، که ممکن است مثبت و منفی باشند، معمولاً به دلیل تغییر نگرش‌ها و اهداف در اثر تفاوت‌های نسلی به وجود می‌آیند. این حوزه به دلیل تفاوت‌های سنی بین مدیران و کارکنان، پیچیده تر هم می‌شود. سازمان‌ها نمی‌توانند وانمود کنند که افرادی با سنین مختلف، یکدیگر را درک کرده، یا دیدگاه‌ها و اهداف مشابهی خواهند داشت. برای موفقیت، نیاز به درک تفاوت‌ها و دیدگاه‌های نسلی، ارزش قائل شدن برای آنها و تبدیل نقاط ضعف آنها به نقاط قوت است.

در بخش‌های بعدی، استعدادها و تفاوت‌های شایع هر گروه بررسی شده است:

نسل ساکت

نسل ساکت ذاتاً سازگار بوده، احساس شدید وفاداری و فداکاری دارد. آنها به‌عنوان سنت‌گرا هم شناخته می‌شوند. بسیاری از آنها دارای ثروتی از دانش و تجربه هستند که می‌توانند در اختیار هر سازمانی قرار

⁹ Generations

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

دهند. برخی از آنها هنوز هم از بازار کار خارج نشده اند. مهم است توجه کنیم که برخی از آنها به دلایل مالی نمی‌توانند از بازار کار خارج شوند. برخی دیگر از کارشان لذت می‌برند، هنوز هم وضعیت سلامتی خوبی دارند و می‌خواهند به سازمان کمک کنند.

اخلاق کاری نسل ساکت بر پایه تعهد، مسئولیت پذیری و هماهنگی برای رسیدن به موفقیت است. بیشتر آنها در زمان جنگ جهانی دوم سن کمی داشتند و نتوانستند قهرمانان آن دوران باشند، ولی برای شرکت در "انقلاب آگاهی بخش" ^{۱۰} یاغی گرانه دهه ۱۹۶۰ هم خیلی زود به سن بالا رسیده بودند. در محل کار، آنها احتمالاً سعی نمی‌کنند که "مشکل درست کنند"، قوانین را نقض یا به مقام مافوق بی احترامی کنند. به دلیل تجربیات دوران جنگ، رویکرد کنترل و فرمان‌دهی به طور طبیعی در آنها وجود دارد.

چالش رهبران این است که چگونه کارمندان ساکت را توانمند کنند - بفهمند که چه چیزی آنها را تهییج می‌کند و سپس شغل را براساس نیازهای هر فرد متناسب سازی کنند. این کارکنان به دلیل مشارکت و وفاداری درازمدت شان خواستار احترام هستند. همچنین رهبران نباید اجازه دهند این کارکنان به این نتیجه برسند که زمانشان پایان یافته است و باید بروند. وفاداری و تعهد آنها به راحتی در کارمندان جوان تر پیدا نمی‌شود.

تیم سازی از یک کارمند نسل ساکت با یک نسل ایکس یا ایگرگ در یک پروژه، جهت تسهیل انتقال دانش به دو طرف، بسیار مفید خواهد بود. کهنه کارها تجربه سازمانی و تاریخی را به همراه دارند، در حالی که نسل های ایکس و ایگرگ معمولاً دانش فناوری و نوآوری را با خود دارند. همچنین، کارکنان نسل ساکت را می‌توان برای استفاده از فناوری های جدید آموزش داد. برخی رهبران معتقدند که آموزش یک فناوری یا فرآیند جدید به کارکنان نسل ساکت، به دلیل سشنان، سرمایه گذاری بدی است. این نوع تفکر به سازمان ارزش افزوده اضافه نمی‌کند. به دلیل نگرش سختکوشی شان، کارکنان نسل ساکت به همان اندازه نسل های دیگر قابل آموزش هستند و احتمالاً بیشتر از نسل‌های دیگر آموزش های جدید را می‌پذیرند.

نسل دوران ازدیاد

این نسل، ذاتاً ایده آل گرا بوده، همواره به عنوان کارکنانی که به سازمانشان وفادارند، شناخته شده اند. آنها براساس سوابقشان احساس تعلق و فداکاری [به سازمان خود] دارند. نسل دوران ازدیاد، چشم انداز فیزیکی و روانشناختی را برای همیشه تغییر داد. به عنوان محصول "سال‌های شگفت انگیز" ^{۱۱}، آنها تحت تأثیر خوش بینی "ما می‌توانیم" جان اف. کندی و امید رؤیای پس از جنگ جهانی دوم بودند. ولی تحولات اجتماعی و سیاسی شدید حاصل جنگ ویتنام، ترورها و [جنبش های] حقوق مدنی، آنها را به شورش علیه پیروی از اصول و خلق یک سبک زندگی کمال گرایانه براساس ارزش‌های شخصی و رشد معنوی سوق

¹⁰ Consciousness Revolution

¹¹ Wonder Years - سریالی کمدی که از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۳ در آمریکا پخش می‌شد

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

داد. آنها از کار تیمی، به ویژه به عنوان اعلامیه ای ضد قدرت طلبی "نسل ساکت" پیش از خودشان، استقبال می کنند، ولی زمانی که قلمروی آنها تهدید می شود، می توانند بسیار سیاست باز شوند. پس از سالها سازمان دهی مجدد، مهندس مجدد و تغییرات بی وقفه، آنها اکنون به دنبال تثبیت زندگی شغلی خود هستند.

یکی از شکایتهای رایج این نسل درباره نسل های ایکس و ایگرگ، این است که "اخلاق کاری آنها را ندارند". تفاوت اخلاق کاری به این معنا نیست که آنها سخت کوش نیستند، ولی به معنای این است که آنها ارزش و اولویت متفاوتی برای کار قائل هستند. مشوق های نسل دوران ازدیاد عبارت است از:

- **قدرت و اعتبار.** این نسل اغلب سنت گرا هستند و مزایای مرتبط با موقعیت برایشان مهم است. آنها عناوین و اختیاراتی متناسب با مسؤولیتشان می خواهند.

- **شبکه سازی و یادگیری.** این نسل می خواهند در انجمن ها و اجتماعی شرکت کنند که آنها را به متخصصان و برگزیدگان حرفه شان متصل نگاه می دارد. آنها با کار تیمی در پروژه های تخصصی به همراه دیگران تهییج می شوند.

- **مزایای بلندمدت.** این نسل به مزایایی که بیشتر برای بلندمدت است، مانند مشارکت در سود و مزایای مربوط به مراقبتهای پزشکی بلندمدت علاقمند هستند.

نسل ایکس

نسل ایکس به طور کلی افرادی هستند که در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی به دنیا آمده اند. بنابراین این نسل شامل مجموعه ای از کارکنان در محدوده سنی دهه ی سی، چهل و اوایل دهه ی پنجاه است. نسل ایکس، که اغلب تحقیر شده اند، به این دلیل به این نام معروفند که هیچکس نمی توانست تعریف دقیقی از آنها بدهد، با روحیه "بازمانده"^{۱۲} اقتصادی و روانشناختی شناخته می شوند. آنها در میان افزایش نرخ طلاق، خشونت و انتظارات پایین خیلی سریع بزرگ شدند. این نسل پس از نسل دوران ازدیاد وارد بازار کار شده، در پی آن با واژه های جدیدی مانند "کوچک سازی" و "RIFs" (کاهش نیروی کار)^{۱۳} در دوران رکود و بحران اقتصادی روبرو شدند. به همین دلیل عجیب نیست اگر تمایلی به شکایت از اختیارات نداشته، در تعهداتشان هوشیار هستند. اتکای آنها به خودشان این نسل را به طور بی سابقه ای به سوی "آزاد بودن" به جای وفاداری سازمانی سوق داده است. آنها جاه طلب و مستقل هستند و تلاش می کنند تا بین خواسته های شغلی، خانوادگی و شخصی خود تعادل برقرار کنند.

¹² survivor

¹³ reduction-in-force

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

نسل ایکس همراه خود چالش‌های جدید و همچنین ایده‌های جدیدی وارد بازار کار می‌کند. آنها از کارفرمایان خود مزایایی مانند طرح‌های بهره‌مندی از سهام، بیمه درمانی و تعطیلات (پرداخت هزینه تعطیلات، روزهای بیماری و روزهای مرخصی شخصی) می‌خواهند. آنها کمتر با محرک‌هایی مانند پرداخت اضافه کاری تشویق شده، بیشتر در جستجوی رضایت شخصی از شغلشان هستند. مزیت شماره یک برای نسل ایکس، فرصت‌های آموزشی / توسعه‌ای است تا بتوانند مسیر در شغلی‌شان پیشرفت کنند. آنها می‌خواهند در شغل‌شان رشد کنند و مهارت‌های جدیدی یاد بگیرند.

نسل ایکس انتظار ندارند که در تمام عمر کاری‌شان در یک شغل یا شرکت بمانند. آنها والدین خود را دیده‌اند که از کارشان اخراج شده‌اند. بسیاری از آنها در خانواده‌های طلاق بزرگ شده‌اند. آنها انتظار دارند که شغل خود را تغییر داده، به دنبال فرصت‌های شغلی با مزایای بهتر و فرصت بیشتر برای رشد حرفه‌ای و رضایت شخصی باشند. آنها می‌خواهند و انتظار دارند که کارفرمایانشان به آنها گوش دهد. آنها به درک "تصویر بزرگ" برای سازمان و نحوه تأثیر آن بر شغل و رشد خود علاقمند هستند. آنها کمتر پذیرای جمله "چون من گفتم" از سوی مدیران هستند.

برخی از روش‌های انگیزه‌بخشی به نسل ایکس برای بیشینه کردن بهره‌وری عبارتند از:

برای برقراری رابطه شخصی وقت بگذارید.

از کارکنان خود برای انجام یک کار خوب، به صورت شخصی، کتبی یا به هر دو شکل سپاس‌گزاری کنید. به آنچه که باید بگویند، هم در جلسات یک به یک و هم در جلسات گروهی، گوش دهید.

رشد را تشویق کنید.

درباره عملکرد کارمند به او بازخورد بدهید. مطمئن شوید که کارمند انتظارات شما را درک می‌کند. هر جا که امکان پذیر هست، آنها را در فرآیند تصمیم‌گیری شرکت دهید.

امکان آموزش را فراهم کنید.

هزینه شرکت کارکنان در کارگاه‌ها و سمینارها را بپردازید. کلاس‌های داخل سازمانی را فراهم کنید تا کارکنان بتوانند مهارت‌های جدیدی یاد بگیرند یا مهارت‌های قدیمی خود را بهبود بدهند. آنها را به چالش بکشید.

با پاداش و ترفیع ایجاد انگیزه کنید.

کارمندانی که کار برجسته‌ای انجام داده‌اند را با اهدای پاداشی غیرمنتظره، مانند یک روز تعطیل یا یک شام رایگان برای کارکنان و خانواده‌شان در یک رستوران خوب، تشویق کنید.

کار تیمی را ترویج کنید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

فرصت های همکاری و کار تیمی را فراهم کنید. این نسل از طریق کار تیمی انرژی می گیرند.

خلق احساس مالکیت.

به کارکنان کمک کنید تا چگونگی عملکرد کسب و کار را درک کنند. آنها نیاز دارند که احساس مالکیت را تجربه کنند. با ارائه اطلاعات به کارکنان درباره محصولات و خدمات جدید، کمپین های تبلیغاتی، استراتژی های رقابتی و غیره، احساس مالکیت را تشویق کنید. اجازه دهید هر کارمند ببیند که چگونه داخل برنامه قرار دارد و چگونه دستیابی به اهدافش در رسیدن به اهداف سازمان مؤثر است.

تقویت روحیه.

یک محیط کاری باز داشته باشید؛ ابتکار را تشویق و از ایده های جدید استقبال کنید. از هزینه کردن برای چیزهایی مانند قهوه یا چای رایگان برای کارمندان یا سفارش غذا برای کارمندانی که باید تمام وقت کار کنند، نترسید. برای صحبت با همسر یا خانواده کارکنان وقت بگذارید و اجازه دهید که آنها بدانند که قدردان آن کارمند هستید. نسل ایکس به دنبال چیزهایی بیشتر از حقوق منصفانه هستند؛ آنها به تأیید شخصی و رضایت شغلی نیاز و تمایل دارند.

نسل ایگرگ

در کل، نسل ایگرگ افرادی هستند که پس از ۱۹۸۰ متولد شده اند. آنها به عنوان پژواک نسل ازدیاد^{۱۴} یا هزاره^{۱۵} هم شناخته می شوند. بنابراین، این نسل شامل کارکنانی است که در پایان دهه ی ۲۰ زندگی شان قرار دارند تا جوانانی که تازه وارد بازار کار می شوند. این نسل در دوره ای از تغییر و تحول در جهت گیری ارزش ها و اخلاقیات بزرگ شده اند و جذب سازمان هایی می شوند که مأموریت شان هدفی بیشتر از سود خالص باشد. آنها دانش فناوری بالا و نگرشی مثبت به توانمندی های خود دارند که می گوید: "من اینجا هستم تا تفاوتی ایجاد کنم." و آنها این کار را خواهند کرد. برای الهام بخشیدن به نسل ایگرگ، به موارد زیر توجه کنید:

انعطاف در برنامه کاری.

به نسل ایگرگ امکان انجام کار در زمان و مکان دلخواهشان را بدهید. نسل ایگرگ در برابر شروع زمان کار روزانه به صورت سخت گیرانه مقاومت می کنند. آنها درک نمی کنند که چرا نسل دوران ازدیاد به تأخیر ۱۵ تا ۳۰ دقیقه ای از زمان شروع کار به عنوان رفتار نامسئولانه نگاه می کنند.

¹⁴ Echo-Boom

¹⁵ Millennial

تغییر و چالش.

نسل ایگرگ به تغییر و چالش علاقمند هستند. آنها برای تجربه چیز جدید از شغل خوبی با حقوق بالاتر استعفا می‌دهند. آنها به شغل خود به عنوان یک مسیر خطی نگاه نمی‌کنند. آنها اغلب بیشتر از دو تا سه سال در یک شغل نمی‌مانند.

طبیعت شورش‌ناپذیر آنها را به عنوان ویژگی منفی تعبیر نکنید. هشدار! بعضی اوقات آنها نیاز به تخلیه احساسات دارند؛ به آنها اجازه این کار را بدهید. این موضوع را شخصیتی نکنید. این نسل بسیاری از چیزهایی که باید تغییر دهیم را به چالش کشانده، تغییر می‌دهد.

اگر چه نسل ایکس و نسل ایگرگ از چیزهای مختلفی الهام می‌گیرند، هر دو گروه به موارد زیر نیاز دارند:

- ارتباطات مکرر، از جمله توضیح "چرا" و نه فقط "چه" در مورد پروژه‌ها و اولویت‌ها.
- شامل شدن، نه فقط در مواردی که به طور مستقیم با آنها سر و کار دارند.
- داشتن سرگرمی در محل کار.

برای اینکه یک سازمان به طور واقعی موفق باشد، همه نسل‌های مختلف در محیط کار باید یکدیگر را درک کرده، ارزشمند بدانند، حتی زمانی که چشم اندازه‌ها و اهدافشان متفاوت است.

هنگامی که نسل‌های ساکت، دوران ازدیاد، نسل ایکس و نسل ایگرگ در محیط کار با هم برخورد می‌کنند، دیدگاه‌ها، اصول اخلاقی، ارزش‌ها و رفتارهایشان بدون شک با هم تعارض خواهد داشت. تقریباً ۷۰٪ از شرکت‌کنندگان در یک نظرسنجی اخیر تحت وب از تجربه "شکاف نسلی"^{۱۶} خود گزارش داده‌اند.

سازمان‌ها باید فراتر از برخورد نسل‌ها به موضوع نگاه کنند تا روش‌هایی برای استفاده از دیدگاه‌های چند نسلی بیابند. اگر زمان لازم برای کسب مهارت در چند ابزار و راهبرد ارتباطی بین نسلی را اختصاص دهیم، بهتر قادر خواهیم بود تا از بهترین چیزهایی که هر نسل و هر فرد می‌تواند به محیط کار بیاورد، بهره‌برداری کنیم. برخی پیشنهادها در این زمینه عبارتند از:

- مهم نیست چه چیزی می‌گوییم، بلکه مهم است که چگونه آن را می‌گوییم. برخوردهای نسلی اغلب ناشی از ارتباطات نامناسب از نظر لحن یا سبک هستند. به عنوان مثال، نسل ساکت می‌دانند که ممکن است با چالش‌های فناوری مواجه شوند؛ همدردی، یک استراتژی بهتر از تصمیم‌گیری است. نسل‌های جوان‌تر، نسبت به نسل‌های پیشین، به طور کلی مدت زمان کمتری می‌توانند به چیزی دقت و توجه کنند، بنابراین ممکن است آموزش‌های شفاهی را به خواندن اسناد ترجیح دهند.
- انگیزه‌های نسل‌های گوناگون را درک کنید. ممکن است نسل ایکس کم‌انگیزه‌تر به نظر برسد و مدیران نسل ازدیاد مه نسل ایکس را مدیریت می‌کنند، باید بدانند که پول معمولاً نیروی محرک نیست.

¹⁶ generational rift

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

کیفیت زندگی [نیروی محرک نسل ایکس] است. باید به دنبال راه هایی برای حمایت از سبک زندگی متعادل نسل ایکس بگردیم.

• به فراتر از ظواهر توجه کنید. از نظره های متنوع سود ببرید. در مورد نگرش ها ذهن باز داشته باشید. سبک خود را با واقعیت های محیط کار امروزی تطبیق دهید.

ما در دنیای تغییرات عمیق در جهان کسب و کار زندگی می کنیم. همراهی با این چشم انداز چند نسلی، از طریق یادگیری چیزهای جدید و احترام به ایده های گوناگون درباره محیط کار، باعق خواهد شد کار بهتر و سریعتر انجام شود. به دنبال آن چیزی بگردید که ما را با همتایانمان پیوند می دهد. با این کار، برای پذیرش نسلی که بعد از ما می آید، آمادگی بهتری خواهیم داشت.

هر نسلی درباره افراد گروه های دیگر شکایت داشته است. بنابراین، این واقعیت که تفاوت هایی بین نسل ها وجود دارد، چیز جدیدی نیست. آنچه جدید است، بزرگی تفاوت های بین نسل ها است. اکنون زمان درک این تنوع ها و ارزش قائل شدن برای آنها است، تا بتوانیم از مزایای آن بهره مند شویم. شکست در انجام این کار می تواند منجر به شکست همه شود.

۵.۱۰ مهارت های ارتباطی

چرا ارتباطات مهم است

افراد در سازمان ها معمولاً بیش از ۷۵ درصد از زمانشان را در ارتباطات متقابل صرف انجام کارها می کنند. تعجب آور نیست که ارتباطات ضعیف ریشه ی تعداد زیادی از مشکلات سازمانی است. ارتباطات مؤثر در هر سطحی، بین افراد، بین گروه ها، داخل گروه ها، سازمانی یا بیرونی، یکی از عناصر اساسی موفقیت سازمان ها است.

ارتباطات مؤثر به معنای انتقال پیام ها به دیگران به صورت روشن و بدون ابهام است. همچنین، به معنای دریافت اطلاعاتی که دیگران برای ما ارسال می کنند، با کمترین انحراف ممکن است.

بیان احساساتمان، افکار و نظراتمان به صورت روشن و مؤثر تنها نیمی از فرآیند ارتباطی مورد نیاز برای ارتباط اثربخش بین فردی است. نیم دیگر آن شنیدن و درک آن چیزی است که دیگران برای ما ارسال می کنند. هنگامی که تصمیم به ارتباط با شخص دیگری می گیریم، با هدف برآورده کردن یک نیاز این کار را انجام می دهیم. زمانی که تصمیم به ارتباط می گیریم، روش یا کدی را انتخاب می کنیم که فکر می کنیم پیام را به طور اثربخش به شخص دیگر ارسال خواهد کرد. کد استفاده شده برای ارسال پیام می تواند شفاهی یا غیرشفاهی باشد. زمانی که شخص دیگر پیام کدگذاری شده را دریافت می کند، وارد فرآیند رمزگشایی یا تفسیر آن به طور قابل درک و معناداری می شود.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ارتباط مؤثر بین دو نفر وقتی به وجود می آید که گیرنده پیام را با همان روش و معنایی که فرستنده پیام قصد داشته، تفسیر و درک کند. با انتقال موفقیت آمیز پیام، ما افکار و ایده های خود را به طور مؤثری انتقال می دهیم. در صورتی که موفق نباشیم، افکار و ایده هایی که ارسال می کنیم، نشان دهنده نظرات و افکار واقعی ما نبوده، باعث شکست ارتباطات و ایجاد موانعی برای موفقیت شخصی و حرفه ای خود و سازمانمان خواهند شد.

فرآیند ارتباطات

مشکلات ارتباطی ممکن است در هر مرحله از فرآیند ارتباطی وجود داشته باشند (شکل ۱.۱۰ را ببینید):

- فرستنده (منبع)
- رمزگذاری
- کانال – رسانه
- رمزگشایی
- گیرنده
- بازخورد

در هر مرحله، احتمال بروز سوءتفاهم و سردرگمی وجود دارد. برای برقراری ارتباط مؤثر و انتقال پیام بدون سوءتفاهم و سردرگمی، هدف ما باید کاهش تعداد مشکلات در هر مرحله از این فرآیند باشد. این هدف با ارتباطات شفاف، مختصر، دقیق و با برنامه ریزی خوب به دست می آید. عناصر کلیدی فرآیند ارتباطات در شکل ۱.۱۰ نشان داده شده، عبارتند از:

شکل ۱.۱۰ – فرآیند ارتباطات

- **فرستنده.** ما به عنوان فرستنده و منبع پیام، باید در مورد دلیل ارتباط خود و آنچه که می خواهیم ارسال کنیم، شفاف باشیم. علاوه بر این، فرستنده ها باید اطمینان حاصل کنند که اطلاعاتی که در حال ارسال هستند، مفید و دقیق است.
- **پیام.** پیام اطلاعاتی است که می خواهیم ارسال کنیم.

- **رمزگذاری^{۱۷}.** فرآیند انتقال اطلاعاتی که می خواهیم ارسال کنیم، به شکلی است که بتواند به درستی ارسال و در طرف مقابل رمزگشایی شود. موفقیت رمزگذاری تا حدی به توانایی ما برای انتقال اطلاعات به صورت روشن و ساده این بستگی دارد، ولی به پیش بینی و حذف منابع سردرگمی هم وابسته است. به

¹⁷ Encoding

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

عنوان مثال، تفاوت های فرهنگی، مفروضات اشتباه و نبود اطلاعات می توانند در ارتباطات شفاف تداخل ایجاد کنند. عدم شناخت افرادی که با آنها ارتباط برقرار می کنیم، منجر به ارسال پیام هایی می شود که دچار سوء برداشت می شوند.

• **کانال.** ما پیام خود را از طریق کانال یا رسانه انتقال می دهیم. کانال ها می توانند شفاهی، شامل جلسات حضوری، تلفنی و ویدیو کنفرانس باشند. کانال های نوشتاری شامل نامه ها، ایمیل ها، یادداشت ها و گزارش ها هستند.

• **رمزگشایی^{۱۸}.** برای درک درست پیام باید آن را رمزگشایی کنیم. رمزگشایی شامل اختصاص وقت برای خواندن دقیق پیام یا گوش دادن فعال به آن است. همان طور که خطاهای رمزگذاری می توانند ابهام ایجاد کنند، خطاهای رمزگشایی هم می توانند همین نتیجه را داشته باشند. این موضوع به ویژه زمانی صدق می کند که فرد رمزگشایی کننده دانش کافی برای درک پیام نداشته باشد. گوش دادن یک مهارت بسیار مهم است که در بخش بعدی به بررسی آن خواهیم پرداخت.

• **گیرنده.** گیرنده فردی است که پیام برای او ارسال شده است. هشدار: برای یک ارتباط موفق، باید در نظر داشته باشیم که گیرنده چگونه به پیام واکنش نشان خواهد داد.

• **بازخورد.** بازخورد آن چیزی است که گیرنده به عنوان واکنش های شفاهی و غیرشفاهی به پیام ارسالی به ما می دهد. باید به این بازخورد توجه ویژه ای داشته باشیم، زیرا تنها چیزی است که می تواند به ما اطمینان بدهد که مخاطب پیام ما را درک کرده است. اگر متوجه شویم که مخاطب در درک پیام ما دچار سوء تفاهم شده است، حداقل حالا فرصت ارسال دوباره ی پیام را به منظور شفاف سازی مسأله داریم. بخشی از فرآیند بازخورد شامل درک و پیش بینی نحوه واکنش طرف مقابل است. باید روش هایی که به بازخورد پاسخ می دهیم، به ویژه بازخورد تهدید آمیز، را درک کنیم. بازخورد نیاز اساسی به بهبود و دقت را فراهم می کند. اگر بازخورد به درستی داده شود، تقویت کننده خواهد بود. درک اهمیت بازخورد بسیار مهم است؛ همیشه باید از آن قدردانی کنیم.

اهمیت گوش دادن

"به ما دو گوش عطا شده است ولی تنها یک زبان، تا بیشتر بشنویم و کمتر صحبت کنیم."

فیلسوف یونانی زنو^{۱۹}

¹⁸ Decoding

¹⁹ Xeno

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

گوش دادن یکی از مهم ترین مهارت هایی است که می توانیم داشته باشیم. اینکه چقدر خوب گوش می دهیم، تأثیر بسیاری روی اثربخشی شغلی ما و کیفیت روابطمان با دیگران دارد. ما گوش می دهیم تا:

- اطلاعات دریافت کنیم
- بفهمیم
- لذت ببریم
- یاد بگیریم

سه حالت گوش دادن اصلی وجود دارد:

• **گوش دادن رقابتی.** وقتی رخ می دهد که بیشتر به ترویج نظر خودمان علاقمند هستیم، تا درک و بررسی نظر شخص دیگر. ما به دنبال فرصت هایی برای بیان نظر خودمان هستیم، یا به دنبال نقاط ضعف یا کاستی هایی [در نظرات شخص دیگر هستیم] که بتوانیم به آنها حمله کنیم. ما به "فرستنده" هیچ توجهی نمی کنیم، بلکه روش پاسخ خود و رد کردن نظر او را فرمول بندی می کنیم.

• **گوش دادن منفعل یا بادقت.** در این حالت، ما خالصانه علاقمند به شنیدن و درک نظر شخص دیگر هستیم. به دقت، ولی بدون واکنش گوش می دهیم.

• **گوش دادن فعال.** در گوش دادن فعال، ما خالصانه علاقمند به درک این هستیم که شخص دیگر چه فکر می کند، چه احساسی دارد، چه می خواهد و پیامش چه معنایی دارد. پیش از پاسخ دادن با پیام جدید خودمان، فعالانه درک خود را نسبت به پیام فرستنده بررسی می کنیم. گوش دادن مهارتی است که همه ما می توانیم از بهبود آن بهره مند شویم. با بهتر شدن در مهارت گوش دادن، بهره وری مان را بهبود خواهیم داد، همچنین توانایی مان در تأثیرگذاری، قانع کردن و مذاکره را نیز بهبود خواهیم داد. علاوه بر این، از تعارض و سوء تفاهم خودداری خواهیم کرد – که همه آنها برای موفقیت در محیط کار ضروری هستند.

تبدیل شدن به شنونده ی فعال

پنج بخش برای گوش دادن فعال وجود دارد. همه آنها به ما کمک می کنند تا مطمئن شویم که شخص دیگر را می شنویم و او می داند که ما داریم به چیزی که او می گوید گوش می دهیم.

۱. با دقت گوش دادن.

به سخنران توجه بی واسطه داشته باشید و پیام را تأیید کنید.

- به سخنران به طور مستقیم نگاه کنید.
- افکاری که حواس شما را پرت می کنند را کنار بگذارید.
- به زبان بدن سخنران "گوش کنید".

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- از صحبت‌های جانبی خودداری و از عوامل محیطی که باعث حواس پرتی می شوند دوری کنید.

۲. نشان دهید که دارید گوش می‌دهید.

از زبان بدن و ژست ها استفاده کنید تا نشان دهید که دارید گوش می‌دهید.

- گاهی اوقات سر خود را تکان دهید.
- لبخند بزنید و از سایر حالت های چهره استفاده کنید.
- با استفاده از واژگانی مانند "بله" و "آره"، سخنران را تشویق کنید تا ادامه دهد.

۳. بازخورد بدهید.

فیلترها، فرضیات، ارزیابی‌ها و باورهای شخصی ما ممکن است باعث انحراف در آنچه که می شنویم شوند. به عنوان یک شنونده، نقش ما درک آن چیزی است که گفته می شود. ممکن است این نقش نیازمند واکنش نشان دادن به آنچه که گفته می شود و پرسش کردن باشد.

- آنچه که گفته شده است را با واژگان خودتان دوباره بیان کنید. استفاده از عباراتی مانند "آنچه من می شنوم ..." و "به نظر می رسد که شما دارید می‌گویید ..." راه‌های عالی برای بازتاب دادن است.
- با پرسش کردن، نقاط خاصی را روشن کنید. "منظورتان چیست وقتی می‌گویید ...؟" یا "آیا منظور شما این است ...؟"

۴. قضاوت را به تعویق بیندازید.

قطع کردن سخن دیگران اتلاف وقت است. این کار باعث ایجاد اختلال در صحبت گوینده شده، درک کامل پیام او را مشکل می کند. اگر با دیدگاه سخنران موافق نیستید، منتظر بمانید تا داستان کامل را بشنوید یا تا پایان جلسه و پرسش و پاسخ صبر کنید تا دیدگاه خود را ارائه دهید. این سخنران است که حرف می‌زند.

- به سخنران اجازه دهید صحبت خود را به پایان برساند.
- با استدلال های مخالف صحبت او را قطع نکنید.

۵. از رفتارهای منفی خودداری کنید، ولی پاسخ دهید.

هر کسی الگوی رفتاری خود را دارد. اگر یک الگوی رفتاری تشویق کننده است و بازخورد مثبت دارد، بیشتر از آن استفاده کنید. متأسفانه، برخی از رفتارها منفی یا مزاحم هستند و باید از آنها اجتناب شود.

- ضربه زدن با یک مداد / قلم یا بازی با بند لاستیکی یا اشیای دیگر

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- نگاه کردن مداوم به ساعت یا ساعت دیواری
- خواندن کتاب یا گزارش یا ارسال پیام متنی / ایمیل
- اظهار تکبر یا نشان دادن عدم علاقه

گوش دادن فعال یک الگوی احترام و خرد است. تبدیل شدن به شنونده ی فعال، به تمرکز و اراده ی زیادی نیاز دارد. ترک عادت های قدیمی سخت است؛ به خود انضباطی زیادی نیاز دارد.

جلسات تیمی مؤثر

جلسات ابزارهایی فوق العاده برای تولید ایده ها، گسترش افکار و مدیریت فعالیتهای گروهی هستند. ولی این تماس رو در رو با اعضای تیم و همکاران، اگر بدون آمادگی و رهبری کافی باشد، می تواند به راحتی شکست بخورد. ارتباط مؤثر موجب موفقیت جلسات می شود.

برای اطمینان از اینکه همه شرکت کنندگان فرصت ارائه نظرات خود را دارند، قوانین جلسه را تعیین کنید – کجا، کی و چه مدت. تعیین قوانین جلسه به همه ی شرکت کنندگان زمان لازم برای آماده سازی مناسب برای جلسه را می دهد.

پس از اینکه زمان و مکان جلسه تعیین شد، مطمئن شوید که رهبر یا هماهنگ کننده، برای پاسخ به پرسش هایی که در حین آماده سازی شرکت کنندگان مطرح می شود، در دسترس باشد. به عنوان رهبر جلسه، دستور جلسه را با جزئیات دقیق آماده کنید.

در این جزئیات، هدف و ساختار پیشنهادی جلسه را شرح داده، آن را با شرکت کنندگان به اشتراک بگذارید. با این به همه افراد کمک می کنید که با آمادگی کامل برای کار با یکدیگر به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر به جلسه بیایند.

موفقیت جلسه بیشتر به مهارت های نمایش داده شده توسط رهبر جلسه بستگی دارد. برای اطمینان از موفقیت جلسه، رهبر باید:

- دستور کار را صادر کند.
- بحث را شروع کند و مشارکت فعال را تشویق کند.
- سعی کند سرعت جلسه را در حد مناسب نگه دارد – نه خیلی سریع و نه خیلی آهسته.
- بحث ها و پیشنهادها را در پایان هر بخش خلاصه کند.
- مطمئن شود که همه ی شرکت کنندگان خلاصه مذاکرات جلسه فوراً دریافت می کنند.

مدیریت جلسات

انتخاب شرکت کنندگان مناسب برای موفقیت هر جلسه بسیار حائز اهمیت است. مطمئن شوید که همه شرکت کنندگان می توانند در جلسه مشارکت کنند؛ تصمیم سازان خوب و حل کنندگان مسایل^{۲۰} را انتخاب کنید. سعی کنید تعداد شرکت کنندگان را حداکثر تا ۱۲ نفر، و ترجیحا کمتر، انتخاب کنید. مطمئن شوید افرادی دعوت شده اند که اطلاعات لازم برای موضوعات مذکور در دستور جلسه را دارند.

به عنوان رهبر جلسه، با هدایت جلسه به صورت جریان آزاد مباحثه بدون مسلط شدن شخص خاصی و همچنین بدون مباحثات اضافی بین دو نفر، تلاش کنید که افکار و ایده های همه شنیده شود. هنگامی که زمان لازم برای هر مورد در دستور جلسه پایان می یابد، لازم است که بحث را متوقف کرده، سریعاً مباحث مطرح شده درباره ی آن را خلاصه کرده، به مورد بعدی در دستور جلسه بروید.

وقتی یک مورد در دستور جلسه حل شد یا اقدامی برای آن توافق شد، باید مشخص شود که چه کسی در جلسه مسؤول آن خواهد بود. به منظور جلوگیری از سر در گمی و سوء تفاهم، اقداماتی که باید انجام شود را خلاصه کرده، آن را در صورتجلسه ذکر کنید.

جلسات به این معروف هستند که زمان دافراد را می خورند. برای اجتناب از اتلاف وقت در جلسات، راه های زیر را پیشنهاد می دهیم:

- به موقع شروع کنید.
- اگر شخصی دیر به جلسه آمد، نیازی به خلاصه کردن آنچه پیش از آن بحث شده نیست. این رفتار به دیگران این پیام را می دهد که تأخیر در جلسات مجاز است؛ همچنین وقت ارزشمند دیگران را هم هدر می دهد.
- برای جلسات زمان پایان مشخصی را تعیین کرده، در زمان مقرر جلسه را پایان دهید. اگر نیاز به تمدید زمان دارید، مطمئن شوید که همه ی اعضای جلسه می توانند بیشتر در جلسه بمانند.
- برای کمک به رعایت زمان مشخص شده، دستور کارتان را براساس میزان اهمیت مرتب کنید تا در صورت نیاز به حذف یا کوتاه کردن برخی موارد برای رعایت زمان پایان جلسه، موارد مهم حذف یا کوتاه نشوند.
- اگر به همه ی چیزی که نیاز داشتید رسیده اید، پیش از زمان پایان مشخص شده، جلسه را به پایان برسانید.

صورتجلسات، تصمیمات گرفته شده در جلسه و اقدامات توافق شده را ثبت می کنند. آنها سوابق جلسه و مهم تر از آن یک سند بازبینی هستند، تا بتوان در جلسات بعدی پیشرفت را اندازه گیری کرد. صورتجلسات

²⁰ problem-solvers

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

عملا یک تکنیک انضباطی هستند که باعث می شوند عملکرد افراد در خصوص اجرای موارد توافق شده در دسترس و قابل مشاهده باشد.

۶.۱۰ توسعه ی انسانی

باید به پیشرفت افراد سازمان به عنوان یک سرمایه گذاری نگاه کرد. در این صورت، درک اهمیت حفظ این منبع کلیدی برای تداوم عملکرد آن به بهترین شکل، آسان می شود. اگر هزینه جایگزینی یک کارمند را بدانیم، آنگاه آسان خواهد بود نتیجه بگیریم که کسب بیشترین بهره وری از عملکرد کارکنان در کسب و کار معنادار است.

ولی گفتن این کار از انجام دادن آن آسان تر است، به ویژه با وجود تنوعی که در رفتارها، انگیزه ها و خواسته ها وجود دارد. چگونه می توانیم منابع انسانی مان را توسعه دهیم؟ چند روش وجود دارد که می تواند به افزایش رضایت شخصی و بهره وری کمک کرده، در نتیجه به سود کارکنان و سازمان باشد.

آیا افراد با بهترین توان خود وظایفشان را انجام می دهند؟ چه آموزش اضافه ای می تواند به کارکنان خاص داده شود تا کارشان را بهتر انجام دهند؟ (پاسخها می تواند شامل توسعه شخصی، آموزش مهارت ها یا هر دو باشد). آیا چرخش کار یا آموزش در کار (OJT)^{۲۱} با کمک همکاران باتجربه، مهارت های کارکنان را افزایش داده، باعث می شود آگاه شوند که کارشان چگونه در اهداف کلی سازمان جای می گیرد؟ آیا می توان وظایف آنها را با اتوماسیون جایگزین کرد تا این امکان فراهم شود که در سایر حوزه ها رشد کنند؟ اینها بعضی از پرسش هایی هستند که باید هنگام توسعه برنامه ای برای افزایش دانش و مجموعه مهارت های کارکنانمان در نظر بگیریم. تحلیل وظایف شغلی یکی از تکنیک هایی است که می تواند استفاده شود تا نیازهای آموزشی خاص شناسایی شده، اطمینان پیدا کنیم که کارکنان دانش و مجموعه مهارت های مناسب برای انجام کارهایشان را به دست آورده اند.

تحلیل وظایف شغلی (JTA)^{۲۲}

تحلیل وظایف شغلی پایه ی یک برنامه ی آموزشی موفق است. پیش از اینکه بتوان کارکنان را آموزش داد، باید تعیین کنیم که آنها باید چه چیزی را یاد بگیرند. تحلیل شغلی فرآیندی است که جزئیات وظایف خاص و الزامات یک شغل مشخص را به طور دقیق تعیین کرده، اهمیت نسبی این وظایف را هم مشخص می کند.

یک شغل مجموعه ای از وظایف و مسؤولیتهایی است که برای یک کارمند تعیین می شوند. یک وظیفه به طور معمول به عنوان یک واحد کاری تعریف می شود. به عبارت دیگر، مجموعه ای از فعالیت های مورد

²¹ on-the-job training

²² Job Task Analysis

نیاز برای تولید یک نتیجه مانند تعویض تسمه ها، تعمیر یک پمپ، تحویل یا تسریع ارسال مواد، انجام FMEA ها یا مرتب سازی نامه ها. ممکن است موقعیت های شغلی پیچیده در سازمان ها شامل تعداد زیادی وظیفه باشند که گاهی به عنوان کارکردها نیز شناخته می شوند. شرح شغل ها فهرست هایی از وظایف عمومی یا کارکردها و مسؤولیت های یک پست سازمانی هستند. شرح شغل ها به طور معمول شامل لیست پست های سازمانی هستند که به آنها گزارش می دهند. مشخصاتی مانند صلاحیت های مورد نیاز برای آن شغل، محدوده حقوق آن پست و غیره را هم شامل می شوند.

شرح شغل ها معمولاً با انجام یک تحلیل شغلی توسعه می یابند، که شامل بررسی وظایف و توالی وظایف لازم برای انجام شغل است. این تحلیل به حوزه های دانش و مهارت های مورد نیاز برای انجام کار نیز نگاه می کند. یک نقش^{۲۳}، مجموعه ای از مسؤولیت ها یا نتایج مورد انتظار مرتبط با یک شغل^{۲۴} است. یک شغل معمولاً شامل چندین نقش است. یک جنبه مهم از تحلیل شغلی این است که تحلیل برای کارکردهای شغلی انجام می شود نه برای فرد. اگرچه داده های تحلیل شغلی ممکن است از شاغلین به آن شغل ها با مصاحبه یا پرسشنامه جمع آوری شود، ولی محصول تحلیل، شرح یا مشخصات شغل است، نه توصیف فرد.

هدف تحلیل شغل برقراری و مستندسازی مهارت های مورد نیاز برای انجام اثربخش کار است. تحلیل شغل می تواند در رویه های استخدامی مانند انتخاب کارمند، پرداخت حقوق و دستمزد، ارزیابی عملکرد و آموزش مفید باشد.

رویه ها / روش های انتخاب کارمند جدید

تحلیل شغلی می تواند در فرآیند انتخاب برای شناسایی یا توسعه موارد زیر استفاده شود:

- وظایف شغلی که باید در آگهی های فرصت های شغلی ذکر شوند
- سطح حقوق مناسب برای پست سازمانی، برای کمک به تعیین میزان حقوقی که باید به یک کاندیدا پیشنهاد داده شود
- حداقل الزامات (تحصیلات و تجربه) برای غربال کردن درخواست های کار
- پرسش های مصاحبه
- ابزار انتخاب (مانند آزمون های نوشتاری؛ آزمون های شفاهی؛ شبیه سازی های شغلی)
- فرم های ارزیابی و سنجش متقاضیان
- مواد آموزشی برای متقاضیان و کارمندان جدید

²³ role

²⁴ job

بازبینی عملکرد

تحلیل شغلی می تواند در بازبینی عملکرد برای شناسایی یا توسعه موارد زیر استفاده شود:

- مقاصد و اهداف
- استانداردهای عملکرد
- معیارهای ارزیابی
- وظایف شغلی که باید ارزیابی شوند
- فاصله زمانی بین ارزیابی ها

تعیین نیازهای آموزشی

تحلیل شغلی می تواند برای شناسایی دانش و مهارت های مورد نیاز و توسعه آموزش مناسب، شامل موارد زیر استفاده شود:

- محتوای آموزشی
- آزمون های ارزیابی برای اندازه گیری اثربخشی آموزش
- تجهیزات مورد استفاده در ارائه آموزش
- روش های آموزش (مانند گروه های کوچک، آموزش مبتنی بر کامپیوتر، ویدیو، کلاس درس)

چندین روش می توانند به صورت جداگانه یا ترکیبی برای انجام تحلیل شغلی به کار گرفته شوند. این روش ها شامل موارد زیر است:

- بررسی سیستم های طبقه بندی شغلی
- مصاحبه با شاغلین
- مشاهدات
- مصاحبه با سرپرست ها
- پنل های تخصصی
- پرسشنامه های نظام مند
- فهرست فعالیت ها
- چک لیست ها

یک روش معمول برای تحلیل شغلی، این است که به فردی که در حال حاضر در آن شغل مشغول است یک پرسشنامه ساده داده شود تا وظایف شغلی، مسؤولیت ها، تجهیزات مورد، روابط کاری و محیط کار را توضیح دهد. سپس پرسشنامه تکمیل شده برای کمک به تحلیل گر شغل، که مصاحبه ای با افراد شاغل در آن شغل انجام می دهد، استفاده می شود. پس از آن سرپرست شغل پیش نویس وظایف شغلی،

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

مسئولیت‌ها، محیط کاری، دانش ابزار و دارایی‌ها را از نظر صحت بازبینی می‌کند. در گام بعدی، تحلیل گر شغل، شرح شغل و مشخصات شغلی را آماده می‌کند. در صورت ایجاد یک پست سازمانی جدید، تحلیل گر شغل این سند را با کمک درخواست کننده و سرپرست بخش آماده می‌کند. اطلاعات جمع‌آوری شده توسط تحلیل گر شغل می‌تواند در پنج دسته زیر گروه‌بندی شود:

وظایف و مسئولیت‌ها

پایه اصلی یک شغل اجرای وظایف و مسئولیت‌های اختصاصی آن شغل است. اطلاعاتی که در این موارد جمع‌آوری می‌شوند ممکن است شامل: تناوب، مدت زمان، میزان تلاش، مهارت، پیچیدگی، تجهیزات و استانداردها باشد.

محیط کاری

محیط کاری ممکن است شرایط ناخوشایندی مانند دمای شدید، بوی نامطبوع و محدودیت‌های فیزیکی داشته باشد که می‌تواند عملکرد شغل را مختل کند. همچنین ممکن است خطرات مشخصی مانند بخارات سمی، اشعه‌های رادیواکتیو مانند اشعه ایکس و مواد منفجره خطرناک داشته باشد.

ابزار و تجهیزات

برخی از وظایف و مسئولیت‌ها با استفاده از تجهیزات و ابزار خاصی انجام می‌شوند. تجهیزات ممکن است شامل لباس‌های محافظ باشد. این موارد باید در تحلیل شغلی مشخص شوند.

روابط

آیا نیاز به سرپرستی وجود دارد یا نه؟ این شغل چه نوع رابطه متقابلی با همکاران درون سازمانی یا طرف‌های بیرون سازمانی دیگر نیاز دارد؟

الزامات

برای انجام شغل، دانش، مهارت‌ها و توانمندی‌هایی (KSAs)^{۲۵} لازم است. با این حال ممکن است KSA های متصدی یک شغل بالاتر از نیازهای آن شغل باشد. تحلیل شغلی فقط حداقل الزامات مورد نیاز برای انجام شغل را بیان می‌کند.

²⁵ Knowledge, Skills, and Abilities

آموزش برای توسعه مهارت ها

امروزه سطح مهارت کارکنان نگهداشت در بیشتر سازمان ها به شدت پایین تر از آن چیزی است که برای صنعت قابل قبول است. سطح سواد بسیاری از کارکنان نگهداشت می رود که به یک چالش تبدیل شود. مهارت های ابتدایی ریاضیات و خواندن کارکنان جدید کاهش قابل توجهی داشته اند. همچنین، آنها علاقه کمی به کارهای مرتبط با عملیات و نگهداشت نشان داده اند. علاوه بر این، بسیاری از سازمان ها برنامه های کارآموزی خود را حذف کرده اند و در نتیجه اکنون نمی توانند پست های سازمانی خود را با کارکنان واجد صلاحیت پر کنند. این عوامل باعث ایجاد تقاضای بزرگی برای کارکنان با سطح مهارت قابل قبول شده است.

دارایی ها و سیستم های امروزی به طور فزاینده ای پیچیده تر می شوند. نیروی کار برای بهره برداری و نگهداشت اثربخش آنها باید به تحصیلات و مهارت های لازم مجهز باشد. چندین مطالعه نشان داده است که امروزه نیروی کار فنی برای برآورده کردن الزامات کاری نیاز به حداقل ۱۲ سال تحصیل همراه با آموزش فنی و حرفه ای اضافی دارد.

علاوه بر این پژوهش های بسیاری نشان داده اند که ۷۰-۸۰٪ از شکست های تجهیزات توسط انسان ایجاد می شود؛ بیشترین قسمت آن هم ناشی از خطای انسانی است. همه ی شکست های ناشی از خطای انسانی نمی توانند به تحصیلات یا مهارت ها مربوط باشند، ولی کمبود تحصیلات یا مهارت ها مشکل را بدتر می کند.

وزارت آموزش و پرورش آمریکا با همکاری اداره آمار یک بررسی برای تعیین تأثیر آموزش بر بهره وری انجام داد. این بررسی نشان داد که افزایش سطح تحصیلات فرد به میزان ۱۰ درصد، بهره وری را ۸/۶ درصد افزایش می دهد. چندین پژوهش دیگر هم نتایج مشابهی را نشان داده اند. نیروی کار مجهز به تحصیلات و مهارت، بهره وری را بهبود داده، خطای انسانی را کاهش می دهد.

برنامه ی آموزشی خوبی که براساس تحلیل وظایف شغلی و ارزیابی مهارت های نگهداشت توسعه داده شده باشد، می تواند راه حلی برای جبران مهارت های نامناسب نگهداشت باشد. آموزش باید روی تولید نتایج در سریع ترین زمان ممکن متمرکز شده، با اهداف بلندمدت سازمان هم سازگار باشد. آموزش نگهداشت، اگر به درستی توسعه داده و پیاده سازی شود، می تواند به سازمان ها کمک کند تا در هزینه ها صرفه جویی کرده، بهره وری و کیفیت محصول را افزایش داده، روحیه کارکنان را بهبود ببخشند. برنامه آموزشی باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

الف) الزامات قانونی و ایمنی مانند OSHA، EPA و FDA

ب) فنی

۱) بهره برداری و نگهداشت دارایی / سیستم

برای اینکه درک اولیه ای از عملکرد دارایی یا سیستم و شیوه تعامل آن با تأسیسات و سایر دارایی ها فراهم کند. ممکن است این آموزش شامل حداقل نیازهای نگهداشت یا نگهداشت مورد نیاز توسط اپراتور باشد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۲) تکنیک‌ها و فناوری های تعمیرات خاص

برای اینکه تکنیک های جدید تعمیرات یا آموزش های مرتبط با فناوری مانند شیرهای سرووی هیدرولیکی، ارتعاشات، فراصوت و همراستاسازی لیزری را فراهم کند.

۳) توسعه حرفه‌ای

ابزارهای RCM، FMEA، شش سیگما، نقشه خوانی و غیره.

پ) اختصاصی سازمان، مانند موضوعات مرتبط با فرآیند – چگونه دستور کار یا درخواست مواد را بنویسیم، خط مشی تنوع سازمان و غیره.

علاوه براین، ممکن است سازمان برای بهبود قابلیت های پایه ای خواندن و ریاضیات کارکنان، دوره های تحصیلی جبرانی فراهم کند. این کار را می توان با هزینه ی مقرون به صرفه ای از طریق مؤسسه های آموزشی محلی انجام داد.

همچنین یک راهکار برتر این است که یک پایگاه داده آموزشی برای ردیابی سوابق آموزشی کارکنان راهاندازی کنید. این پایگاه داده باید شامل موارد زیر باشد:

- آموزش‌های لازم به همراه تاریخ مقرر آنها
- آموزش‌های تکمیل شده به همراه تاریخ و ساعت آنها
- هرگونه دوره ی آموزشی اجباری، قانونی یا صلاحیتی مورد نیاز، مانند اپراتورهای فاضلاب، جوشکاری یا بهره برداری و نگهداشت تجهیزات ویژه
- اطلاعات ارزیابی مهارت
- گواهینامه‌های دریافت شده، و غیره

منابع آموزشی و بهینه کاوی

چقدر باید برای آموزش هزینه کنیم؟ چقدر هزینه آموزش کافی و خوب است؟ بسیاری از سازمان‌ها با این معما روبرو هستند. برخی مدیران معتقدند پولی که برای آموزش صرف می‌شود، بازگشت سرمایه ی خیلی کم یا ناچیزی دارد. در واقع این گونه نیست، زیرا مزایا و نتایج در کوتاه مدت قابل تحقق نیستند. معیارهای سنجش آموزش شاخص های تأخیری هستند و مشاهده نتایج مدتی طول می‌کشد. شکل ۲.۱۰ داده‌های بهینه کاوی نمونه را براساس بررسی چندین مطالعه معیار و گفتگوی خود من با بسیاری از مدیران M&R و آموزش فهرست می‌کند.

بهینه کاوی آموزش	پایین	بالا	بهترین بهترین ها
درصد نسبت به بودجه کل – لیست هزینه ها	۰/۵	۶/۴	۴/۵

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

هزینه بر حسب هر کارمند، به دلار	۶۵۰	۵۰۰۰	۴۲۰۰
ساعت های آموزش / کارمند	۵	۱۱۰	۹۶

شکل ۲.۱۰- بهینه کاوی های آموزش

در یک بررسی اخیر از ۹۸۴ کارخانه تولیدی شمال آمریکا، گروه عملکرد تولید (MPI)^{۲۶} مشاهده کرد که:

سطوح آموزشی (بیشتر از ۴۰ ساعت / سال / نفر)

ایالات متحده	۱۸٪
کانادا	۱۷٪
مکزیک	۲۹٪

تنها ۱۸٪ از تولیدکنندگان در ایالات متحده بیشتر از ۴۰ ساعت در سال برای آموزش به هر نفر اختصاص می دهند، در مقابل ۲۹٪ از تولیدکنندگان مکزیک.

گواهینامه ها و صلاحیت ها

در ابتدای این فصل درباره سرمایه گذاری روی آموزش و تحصیل کارکنان خود بحث کردیم. سازمان ها می خواهند کارکنانشان دارک خوب و مهارت های متناسبی با زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان (M&R) داشته باشند تا به آنها کمک کنند تا کارآتر و اثربخش تر شوند. چگونه می توانیم بفهمیم که کارکنان دانش مورد نیاز را دارند؟ چگونه می توانیم آن دانش را ارزیابی کنیم؟ آیا آنها استفاده صحیح از ابزارها و راهکارهای برتر M&R را در دوره های آموزشی فرا گرفته اند؟ دریافت گواهینامه صلاحیت حرفه ای وسیله ای برای ارزیابی دانش یا مجموعه مهارت های مورد نیاز در یک زمینه خاص است.

چرا سازمان ها باید به کارکنان خود گواهینامه صلاحیت بدهند؟ یک گواهینامه چه ارزشی دارد؟ اینها پرسش هایی هستند که توسط بسیاری از سازمان ها مطرح می شوند. یکی از پاسخ ها این است: "آیا می توانیم هزینه نگرفتن گواهینامه حرفه ای را بپذیریم؟" براساس کتابچه راهنمای آماری وزارت کار ایالات متحده، ویرایش ۲۰۰۹/۲۰۰۸، "بسیاری از کارفرمایان صدور گواهینامه را به عنوان استاندارد صنعتی در نظر می گیرند." گواهینامه، مجموعه دانش و آگاهی یک کارمند را در یک حوزه خاص با دانش استاندارد که توسط یک سازمان صنعتی یا دانشگاهی مناسب تعیین شده است، ارزیابی و سنجش می کند. بیشتر سازمان های گواهی دهنده یا انجمن های تخصصی یا مؤسسات آموزشی هستند. برخی از آنها فرآیند

²⁶ Manufacturing Performance Group

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

صدور گواهینامه شان را با مؤسسه ملی استاندارد آمریکا (ANSI) و سازمان استانداردهای بین‌المللی (ISO) سازگار و تأییدیه آن سازمان ها را دریافت کرده اند. گواهینامه های حوزه نگهداشت و قابلیت اطمینان، مانند CMRP²⁷ یا CMRT²⁸ توسط SMRP (www.smrp.org)، CVA²⁹ (تحلیل گر ارتعاشات) از طرف مؤسسه ارتعاشات (www.vibinst.org) یا MLA³⁰ (تحلیل گر روانکاری ماشین آلات) توسط (www.lubcouncil.org) ICML نشان می‌دهد که یک متقاضی موفق دارای ویژگی‌های زیر است:

- دانش مشخص در زمینه خاص M&R – مفهوم و پیاده سازی
- مجهز به مهارت های لازم برای عملکرد موثر در یک حوزه خاص

کارفرمایان کارکنان دارای گواهینامه صلاحیت حرفه ای باید مطمئن باشند کارکنانی دارند که خودشان را ثابت کرده‌اند، مجموعه مهارت های لازم برای موفقیت را دارند و الزامات یک استاندارد صلاحیت حرفه ای خاص را برآورده کرده اند. همین موضوع در مورد کارکنان دارای گواهینامه صلاحیت حرفه ای جدیدی که استخدام می‌شوند، هم صدق می کند.

گواهینامه ها را می‌توان در چهار دسته اصلی قرار داد:

۱. سطح سیستم / دارایی

۲. فناوری های M&R

۳. متخصصان / مدیران M&R

۴. سطح کارخانه / تأسیسات

سطح سیستم / دارایی

دارایی‌ها و سیستم‌ها بسیار پیچیده تر می‌شوند. بسیاری از سازمان‌ها برای دارایی‌های مهم و پیچیده شان از اپراتورها و کارکنان نگهداشت واجد صلاحیت استفاده می کنند. سازمان‌ها باید مطمئن شوند اپراتورها و نیروهای نگهداشت مهارت‌های مناسب را داشته باشند. اپراتورها و نیروهای نگهداشت باید در یک برنامه آموزشی شرکت کنند که به طور ویژه برای آموزش جنبه های کلیدی دارایی طراحی می شود و سپس برای حصول اطمینان از داشتن دانش کامل در مورد آن در یک آزمون قبول شوند. معمولاً الزامات این نوع گواهینامه یا صلاحیت درون سازمان‌ها توسعه داده و اجرا می‌شوند. در برخی موارد که دارایی های عمومی مطرح هستند، مانند بهره برداری از کارخانه های تصفیه آب، دیگ های بخار و غیره، این گواهینامه توسط یک سازمان بیرونی ارائه می‌شود.

²⁷ Certified Maintenance and Reliability Professional

²⁸ Certified Maintenance and Reliability Technician

²⁹ Certified Vibration Analyst

³⁰ Machinery Lubrication Analyst

فناوری های M&R

در حال حاضر گواهینامه های مختلفی مرتبط با فناوری های عمومی نگهداشت مانند آنالیز روغن، تحلیل ارتعاش ماشین آلات، ترموگرافی فروسرخ (IR)، آزمون فراصوت، آزمون جریان موتور، هیدرولیک و مخازن تحت فشار در دسترس هستند. این گواهینامه ها هم برای کارکنان و هم برای سازمان ها ارزشمند هستند. آنها دانش افراد را در زمینه فناوری های نگهداشت آزمایش می کنند. آموزش های لازم برای دریافت اکثر این گواهینامه ها توسط تأمین کنندگان اصلی این فناوری ها یا انجمن های حرفه ای مرتبط، که آزمون را هم برگزار می کنند، ارائه می شود.

متخصصان / مدیران M&R

در این دسته، وسعت دانش مهندسان نگهداشت و قابلیت اطمینان، مهندسان پروژه های سرمایه ای، طراحان، مدیران و سایر متخصصانی که در حوزه M&R کار می کنند، در حوزه M&R مورد آزمون قرار می گیرد.

دو گواهینامه کلیدی در این دسته وجود دارد. یکی مهندس کارخانه (CPE)^{۳۱} / مدیر نگهداشت (CMM)^{۳۲} است که توسط انجمن مهندسان تأسیسات (AFE)^{۳۳} ارائه می شود. دیگری متخصص نگهداشت و قابلیت اطمینان (CMRP) است که توسط سازمان گواهی دهنده انجمن متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان (SMRPCO)^{۳۴} انجام می شود. AFE و برخی شرکت های آموزش صنعتی، آموزش های لازم برای آزمون را فراهم می کنند.

فرآیند صدور گواهینامه CMRP معتبر است. طبق مقررات، SMRPCO مجاز به ارائه هیچ گونه آموزش خاصی نیست. هدف آنها این است که فرآیند صدور گواهینامه و آزمون را از آموزش دور نگاه دارند. با این حال، SMRPCO یک راهنمای مطالعاتی دارد که بدنه دانش M&R را تشریح کرده، به صورت چاپی از طریق مراکز SMRP در دسترس است. این راهنما می تواند به صورت رایگان از وب سایت آنها به آدرس www.smrp.org/certification دریافت شود.

صدور گواهینامه CMRP در سال ۲۰۰۰ آغاز شد و در حال حاضر به عنوان گواهینامه استاندارد M&R توسط بسیاری از سازمان ها در سراسر جهان شناخته می شود. فرآیند صدور گواهینامه، مهارت های یک فرد را در پنج ستون دانش تعریف شده توسط SMRP ارزیابی می کند: کسب و کار و مدیریت، قابلیت اطمینان فرآیندهای تولید / عملیات، قابلیت اطمینان تجهیزات، سازمان و رهبری (مهارت های نیروی انسانی) و مدیریت کار. بسیاری از سازمان ها اکنون از گواهینامه CMRP برای بررسی دانش کارکنان خود

³¹ Certified Plant Engineer

³² Certified Maintenance Manager

³³ Association of Facility Engineers

³⁴ Society of Maintenance and Reliability Professionals Certifying Organization

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

و همچنین توسعه برنامه های آموزشی مناسبی که به کارکنانشان در بهبود مهارت هایشان کمک کنند، استفاده می کنند.

یک گواهینامه دیگر برای مهندسان قابلیت اطمینان، به نام مهندس قابلیت اطمینان (CRE)^{۳۵}، توسط انجمن کیفیت آمریکا (ASQ)^{۳۶} ارائه می شود، که با مهارت های کمی و تحلیلی سر و کار دارد که توسط مهندسان قابلیت اطمینان برای مدیریت قابلیت اطمینان و ریسک استفاده می شوند. این گواهینامه بیشتر به سمت متخصصان قابلیت اطمینان محصول نزدیک است.

سطح کارخانه / تأسیسات

هیچ گواهینامه ای برای سطح کارخانه وجود ندارد. با این حال، دو سازمان بهترین کارخانه / تأسیسات را ارزیابی و تأیید می دهند. یکی جایزه تعالی نگهداشت شمال آمریکا (NAME)^{۳۷} است که براساس معیارهای تعیین شده توسط NAME به یک کارخانه اعطا می شود. دیگری جایزه "بهترین کارخانه" است که توسط ناشران مجله صنعت هفته^{۳۸} انجام می شود. این جایزه به طور اختصاصی به حوزه M&R ارتباط ندارد، ولی جنبه های کلی عملیات تولید کارخانه، مانند کیفیت، بهره وری، برآورده شدن به موقع نیازهای مشتریان و سطوح موجودی را بررسی می کند.

۷.۱۰ مدیریت منابع و ساختار سازمانی

توسعه و مدیریت نیروی انسانی برای بهبود بهره وری یک عامل کلیدی در موفقیت یک کسب و کار است. موفقیت در مدیریت نیروی کار به پیاده سازی اهداف اصلی و به هم پیوسته زیر بستگی دارد.

الف. هماهنگ سازی نیروی کار با استراتژی کسب و کار

ب. جذب، توسعه و حفظ استعدادهای کلیدی

پ. مدیریت تنوع^{۳۹}

ت. طراحی بهترین ساختار سازمانی برای یکپارچه سازی کارکردهای قابلیت اطمینان و نگهداشت

ث. برنامه ریزی جانشینی

ج. توسعه فرهنگ رهبری

چ. ایجاد و حفظ یک محیط یادگیرنده

ح. ایجاد یک محیط کاری انعطاف پذیر

³⁵ Certified Reliability Engineer

³⁶ American Society for Quality

³⁷ North American Maintenance Excellence Award

³⁸ Industry Week

³⁹ diversity

هماهنگ سازی نیروی کار با استراتژی کسب و کار

کارکنان باید بدانند که سازمان به چه دلیلی در فضای کسب و کار حضور دارد. کارکنان را در ایجاد یا تأیید مأموریت سازمان درگیر کنید. باید دلایل وجود سازمان و جهتی را که در آینده می خواهد طی کند، به طور واضح بیان کنید. افراد از چیزی که در خلق آن سهیم باشند، پشتیبانی می کنند. داشتن افراد مناسب در سازمان بر توانایی آن در اجرای موفق استراتژی کسب و کار تأثیر بزرگی دارد. ارتقای مدیریت منابع انسانی به سطح یک کارکرد استراتژیک و هماهنگ سازی آن با جهت کلی استراتژیک سازمان می تواند باعث ایجاد یک رویکرد متمرکز به توسعه نیروی انسانی شود.

جذب، توسعه و حفظ استعدادهای کلیدی

اگر شغل افراد آنها را اکتاع نکند، به دنبال فرصت های بهتری خواهند بود. یک فرآیند خوب برای توسعه نیروی انسانی به معنای برنامه های پیشرفت شغلی و برنامه ریزی جانشینی است تا به کارکنان نشان داده شود که سازمان به پشتیبانی از موفقیت درازمدت آنها متعهد است. همچنین به معنای نشان دادن تمایل به سرمایه گذاری استراتژیک در برنامه های توسعه شغلی است. پنج دلیل اصلی برای ترک شغل یا تغییر آن به شرح زیر است. باید برنامه ای برای کاهش تأثیر این عوامل وجود داشته باشد.

۱. **من مناسب اینجا نیستم.** این دیدگاه در بیشتر موارد یک مسأله مرتبط با فرهنگ سازمانی است.

کارکنان نگران شهرت سازمان، شرایط راحتی فیزیکی، آسایش، ایمنی و وضوح مأموریت هم هستند. ۲. **آنها دلتنگ من نخواهند شد.** حتی اگر مدیران برای کارکنان ارزش قائل باشند، ولی اغلب به اندازه کافی این موضوع را به آنها نمی گویند. اگر افراد احساس اهمیت نکنند، انگیزه کافی برای ماندن نخواهند داشت. هیچ کس نمی خواهد کالایی باشد که به راحتی با شخص دیگری جایگزین شود. آنها سازمان را ترک می کنند تا به جایی بروند که برای آنها ارزش قائل باشد.

۳. **از من حمایت کافی برای انجام کارم نمی شود.** بیشتر مواقع افراد واقعاً می خواهند کار خوبی انجام دهند. وقتی به دلیل تعداد زیاد قوانین، خطوط قرمز و سرپرست ها یا همکاران نالایق ناامید شوند، به دنبال فرصت های دیگری خواهند بود.

۴. **نبود فرصت پیشرفت.** افراد می خواهند یاد بگیرند، مهارت هایشان را بیشتر کنند و دانش و مهارت های جدیدی کسب کنند. آنها به دنبال بهبود قابلیتشان برای انجام گستره ی متنوعی از شغل ها هستند. آنها خواستار فرصت های آموزش و توسعه بهتر هستند. اگر نتوانند فرصت های رشد را در یک سازمان پیدا کنند، به دنبال کارفرمای دیگری خواهند بود که بتوانند در آن جا رشد کنند.

۵. **حقوق آخرین دلیلی است که باعث ترک شغل می شود.** کارکنان حقوق عادلانه می خواهند، ولی چهار جنبه نخست باید قوی باشند. اگر این جنبه ها ضعیف باشند، ولی حقوق بالا باشد، خواهید شنید که "نمی توانید به اندازه کافی به من پرداخت کنید تا در اینجا بمانم".

بسیاری از سازمان‌ها در حال تلاش برای جذب مجدد بازنشستگان ارزشمند به کار هستند یا سعی دارند کارکنان سالخورده را متقاعد کنند که بیشتر در کار بمانند. با این حال، سازمان باید برای حفظ دانشی تلاش کند که ممکن است بازنشستگان نسل ازدیاد با بازنشستگی خود از سازمان ببرند. مربی گری یک راهکار اثربخش برای انتقال این دانش است. کارکنان جوان خود را با افراد باتجربه نسل ازدیاد همراه کرده، اجازه دهید آنها دانش خود را از طریق مربی گری به کارکنان جوان منتقل کنند.

نیروی کار امروزی همچنین دوست دارد اهداف چالش برانگیزی داشته باشد. شاید لازم باشد برخی از روش‌های قدیمی را رها کرده، گزینه‌های کارکنان را بهینه و فرصت‌های حفظ استعدادها را پرورش یافته را بیشینه کنید. باید فرصت‌های شغلی را در سراسر سازمان قابل مشاهده کنیم. همچنین در بازآموزی و انتقال مسئولیت‌ها سرمایه گذاری کنیم. البته برنامه حقوق مناسب به همان اندازه ی فرصت‌های پیشرفت شغلی برای همه ی کارکنان با عملکرد بالا اهمیت دارد.

مدیریت تنوع

امروزه بیش از ۸۰ درصد نیروی کار تازه وارد، زنان و اقلیت‌ها هستند. این تغییر در نیروی کار، یکی از چالش‌های اساسی روبروی کسب و کارها است. سازمان‌هایی که نیاز به توسعه کامل همه ی اعضای گروه‌های جمعیتی نیروی کار را به خوبی درک کرده‌اند، مجبور به پیاده سازی مدیریت تنوع شده‌اند. تعریف‌های بسیار متفاوتی برای "تنوع" وجود دارد. تعریف‌های محدود معمولاً با قانون فرصت‌های برابر اشتغال^{۴۰} سازگار هستند و تنوع را با توجه به نژاد، جنسیت، نژاد، قومیت، سن، دین و معلولیت تعریف می‌کنند. تعریف‌های گسترده تر ممکن است شامل گرایش جنسی، ارزش‌ها، ویژگی‌های شخصیتی، آموزش، زبان، ظاهر فیزیکی، وضعیت تأهل، سبک زندگی، باورها و ویژگی‌های پیش زمینه باشند. در آینده نزدیک بازار کار بیشتر و بیشتر به یک بازار فروشنده تبدیل خواهد شد. کاهش نیروی کار و کمبود نیروی ماهر، کارفرمایان را مجبور به رقابت برای جذب و حفظ همه ی کارمندان در دسترس خواهد کرد، از جمله گروه‌هایی که تاکنون کمتر مورد توجه بوده اند. این تغییرات جمعیتی باعث شده است که بسیاری از سازمان‌ها تغییر فرهنگی را آغاز کنند تا بهتر بتوانند تنوع را ارزش گذاری و مدیریت کنند. براساس پیش‌بینی سال ۲۰۰۴ دفتر آمار آمریکا (مقایسه سال ۲۰۲۰ با سال ۲۰۰۰)، درصد کارکنان ۲۰ تا ۴۴ ساله از ۳۶/۹٪ به ۳۲/۳٪ کاهش خواهد یافت. تعداد کارکنان ۴۵ تا ۶۴ ساله از ۲۲/۱٪ به ۲۴/۹٪ و تعداد کارکنان ۶۵ تا ۸۴ ساله از ۱۰/۹٪ به ۱۴/۱٪ افزایش خواهد یافت. میانسال شدن جمعیت نیروی کار فقط محدود به ایالات متحده آمریکا هم نیست. در کشورهای دیگری مانند انگلستان، آلمان، ژاپن و چین هم تعداد کارکنان ۲۰ تا ۴۴ ساله کاهش و تعداد کارکنان ۴۵ تا ۸۴ ساله افزایش خواهد یافت.

⁴⁰ Equal Employment Opportunity law

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

بسیاری از کارکنان نسل ازدیاد می گویند که قصد دارند بین کار و اوقات فراغتشان در دوران بازنشستگی تعادل ایجاد کنند. آنها قصد ندارند در سن ۶۵ سالگی کار خود را متوقف کنند، به جای آن، "بازنشستگی فعال" را انتخاب می کنند. دلایل این تصمیم هم مالی و هم شخصی هستند.

چندین مطالعه نشان داده است که بسیاری از سیاستهای شرکتی برای سازگاری با پیری نیروی کار مانع ایجاد می کنند. هنوز بیشتر سازمانها می گویند که در استخدام به توانایی و تمایل به کار اهمیت می دهند. کارفرمایان کمی هستند که ادعا می کنند با استخدام نیروی کار مسن، به دنبال "استخدام خرد و دانایی" هستند. کارکنانی با موهای خاکستری به عنوان افراد قابل اعتماد، ثابت، دلسوز و صادق در نظر گرفته می شوند. برخی سازمانها یک برنامه نیروی کار غیررسمی تعریف کرده اند که به آنها اجازه می دهد کارکنانی را جذب یا استخدام مجدد کنند که موافق دریافت مزایای محدود بوده، نداشتن حقوق بازنشستگی را می پذیرند.

طراحی بهترین ساختار سازمانی برای یکپارچه سازی کارکردهای قابلیت اطمینان و نگهداشت

در سراسر صنعت، سازمانها در حال مسطح شدن هستند. لایه های مدیریتی میانی حذف شده، اندازه کلی واحدهای M&R کاهش می یابد. این واقعیت محیط رقابتی امروزی کسب و کار است. در این شرایط، چگونگی طراحی ساختار سازمانی شرکت ها برای ارائه کارکردهای کلیدی M&R با هدف استفاده بهینه از نیروی کار مهم است. سه نوع ساختار سازمانی می تواند برای تشکیل یک سازمان M&R استفاده شود:

- متمرکز
- غیرمتمرکز
- ترکیبی

هر زمان که درباره ساختار و مهارت های سازمان صحبت می کنیم، نخستین پرسشی که مطرح می شود این است که کدام نوع ساختار سازمانی مفیدتر است: ساختار متمرکز یا غیرمتمرکز (به شکل ۳.۱۰ نگاه کنید). به طور معمول، ویژگی ساختار سازمانی متمرکز تخصص و استانداردسازی بیشتر است. ساختار غیرمتمرکز حس مالکیت و حساسیت قوی تری ایجاد می کند.

غیرمتمرکز		متمرکز	
مزایا	معایب	مزایا	معایب
شیوه های استاندارد شده	حساسیت و پاسخگویی کمتر به افراد / واحدها	احساس مالکیت قوی	سختی ایجاد مهارت های تخصصی
تمرکز شرکتی – اهداف با سازمان همراستا شده اند	نبود احساس مالکیت	حساسیت بالا به حوزه های فردی	سخت بودن اولویت بندی براساس تأسیسات / واحدها

استفاده کارآمد از منابع		استفاده کمتر از بهینه از ابزار
سهولت در ایجاد مهارت های تخصصی		

شکل ۳.۱۰- مقایسه سازمان های متمرکز و غیرمتمرکز

بسیاری از کارشناسان از انتقال از یک ساختار به دیگری، از متمرکز به غیرمتمرکز و برعکس، دفاع می کنند. دلیل اصلی این پیشنهاد، لزوماً برتری یک نوع ساختار سازمانی نسبت به دیگری نیست، بلکه برای ایجاد تغییر است. برای این است که شیوه های قدیمی و سنتی را بشکنیم. ساختار ترکیبی، که شامل بهترین ویژگی های هر دو ساختار متمرکز و غیرمتمرکز است، معمولاً راه حل بهینه است. در سازمانی با ساختار ترکیبی، ممکن است یک تکنسین نگهداشت مختص هر واحد یا منطقه تولیدی برای مراقبت از خرابی ها و تعمیرات کوچک تعیین شود. در این نوع ساختار سازمانی، اپراتورها منابع ارزشمندی به عنوان متخصص عیب یابی، یا به عنوان تکنیسین های متخصص بازگرداندن مجدد عملیات سیستم ها هستند. در برخی موارد، آنها به کمک فرآیند تعمیرات می آیند. ولی همچنان PM های بزرگ، تعمیرات اساسی و فعالیت های فنی تخصصی مانند PdM و همراستاسازی های حساس توسط کادر تخصصی متمرکز انجام می شوند.

در طراحی ساختار سازمانی، توجه به کارکردهای نگهداشت و قابلیت اطمینان زیر مهم است:

- توسعه برنامه نگهداشت پیشگیرانه
- انجام وظایف نگهداشت پیشگیرانه و تعمیرات اصلاحی
- برنامه ریزی و زمان بندی
- مواد - قطعات یدکی شامل ابزارهای مورد نیاز
- CBM/PdM و مهارت های تخصصی، مانند همراستاسازی لیزری
- حذف شکست و برنامه ریزی قابلیت اطمینان
- طراحی برای قابلیت اطمینان
- مدیریت منابع و بودجه بندی
- توسعه نیروی کار

نمونه ای از ساختار سازمانی نگهداشت و قابلیت اطمینان در شکل ۴.۱۰ نشان داده شده است.

شکل ۴.۱۰- نمونه ساختار سازمانی نگهداشت و قابلیت اطمینان

برون سپاری نگهداشت

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

ما به طور مداوم برای کاهش هزینه نیروی کار تحت فشار قرار داریم. اگر برای تعداد کارکنانی که می‌توانیم داشته باشیم محدودیتی وجود دارد، در این شرایط می‌توانیم برای رسیدن به یک راه حل مقرون به صرفه، برون سپاری یا خدمات مشترک را برای برخی مهارت‌های خاص ارزیابی کنیم.

تغییرات بزرگ در حجم و فشار کار ممکن است منجر به استفاده نامناسب از منابع یا استخدام اضافی شود. برون سپاری برخی از فعالیت‌های نگهداشت، یک راهکار برتر است. در زمان توقف‌های برنامه ریزی شده و قطعی‌های اساسی، برون سپاری کار به خارج از سازمان ممکن است اقتصادی باشد. تأمین منابع انجام کار از خارج سازمان و حتی استفاده از منابع خارج سازمانی برای برنامه ریزی و زمان بندی قطعی‌های اساسی می‌تواند بسیار مقرون به صرفه باشد. با این حال، توقف‌های دوره‌ای، به عنوان نمونه یک تجهیز دوار مهم، را شاید بتوان با استفاده از نفرات برنامه ریزی داخل سازمانی بهتر مدیریت کرد.

تکمیل نیروی کار نگهداشت با دانشجویان مهندسی (کارآموز و همکار) در تابستان، یک راهکار برتر و مقرون به صرفه دیگر است که می‌توان از آن استفاده کرد. بخشی از جمع‌آوری داده‌های نگهداشت و قابلیت اطمینان، تجزیه و تحلیل و کارهای مرتبط با CBM، به راحتی توسط این کارآموزان انجام می‌شود. برخی از گروه‌های دانشگاهی، مانند مرکز قابلیت اطمینان و نگهداشت دانشگاه تنسی (RMC)، کارآموزان خود را پیش از آغاز کارآموزی با مبانی نگهداشت و قابلیت اطمینان آشنا می‌کنند. هر دانشجوی کارآموز باید یک هفته در "اردوی آموزشی نگهداشت و قابلیت اطمینان" حضور داشته باشد. این اردوی آموزشی توسط کادر دانشگاه و همچنین کارشناسان صنعتی برگزار می‌شود. نویسنده این فرصت را داشت که برای چند سال این گروه را آموزش دهد. یکی دیگر از مزایای این افراد این است که پس از کسب تجربه در سازمان شما و پس از فارغ التحصیلی می‌توانند کارکنان تمام وقت ارزشمندی باشند.

برخی سازمان‌ها در سطح شرکت، یک گروه مرکزی کوچک نگهداشت و قابلیت اطمینان تأسیس کرده‌اند. آنها مشاوران داخلی متخصصی هستند که می‌توانند به استانداردسازی و پیاده سازی خط مشی‌ها، رویه‌ها و راهکارهای برتر مرتبط با قابلیت اطمینان در سطح شرکت کمک کنند. با این حال، این گروه باید در هنگام کار با سازمان‌های کوچک بسیار دقیق و سیاست مدارانه عمل کند. این گروه باید رابطه کاری خوبی با آن سازمان‌ها برقرار کنند تا به آنها برای پیاده سازی برخی از راهکارهای برتر کمک کنند، بدون اینکه صرفاً به شکل مجری سیاست‌های شرکت شناخته شوند.

برنامه ریزی جانشینی

برنامه ریزی جانشینی، عنصر کلیدی دیگری از فرآیند توسعه نیروی کار است. این فرآیند، شامل شناسایی و آماده سازی کارکنان مناسب از طریق مربی‌گری، آموزش و چرخش شغلی، برای جایگزینی بازیکنان کلیدی در سازمان است. این فرآیند شامل بررسی دوره ای کارکنان کلیدی و افراد سطوح پایینی آنان توسط مدیریت است، تا چندین نفر به عنوان ذخیره برای پست‌های کلیدی تعیین شوند. برنامه ریزی جانشینی بسیار مهم است، زیرا شناسایی و توسعه مدیران و رهبران اثربخش، اغلب سال‌ها زمان می‌برد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

یک برنامه اجرایی دقیق و فکرشده، تضمین می کند که در صورت خروج ناگهانی یک بازیگر کلیدی از سازمان، کمترین اختلال ممکن در مسؤولیت های فردی و اثربخشی سازمان ایجاد شود. برخی از اتفاقات ناگهانی که ممکن است رخ دهند عبارتند از:

- ناتوانی یا عدم تمایل ناگهانی یا غیر منتظره برای ادامه نقش در سازمان
- پذیرش شغلی از یک سازمان دیگر یا فرصت خارجی
- پایان یک قرارداد یا پروژه با زمان محدود
- انتقال به یک سمت شغلی دیگر و مجموعه مسؤولیت های متفاوت در داخل سازمان
- برنامه های بازنشستگی
- بیماری جدی یا مرگ ناگهانی

هدف برنامه ریزی جانشینی، شناسایی و توسعه رهبرانی با عملکرد بالا است که قادر به پاسخگویی به نیازهای آینده سازمان باشند. اهداف باید شامل یک فرآیند شناسایی رسمی به همراه توسعه توانمندی های رهبری باشد که ظرفیت رهبری در سازمان را افزایش دهد. اکنون سازمان های زیادی از برنامه ریزی جانشینی برای مدیریت جانشینی کارکنان در سطوح گوناگون در زمان ترک سازمان توسط آنها استفاده می کنند. استراتژی برنامه ریزی نیروی کار باید شامل آموزش پیوسته نیروی کار و توسعه رهبری باشد، تا چالش جدید پیر شدن نیروی کار را برطرف کند.

ساموئل گرینگارد⁴¹، یک نویسنده برجسته ی حوزه ی مدیریت، در مقاله ی "پنج کلید برای برنامه ریزی جانشینی موفق"، چند گام کلیدی برای برنامه ریزی جانشینی موفق را بیان کرده است:

۱. شناسایی معیارهای کلیدی رهبری.
۲. پیدا کردن رهبران آینده و ترغیب آنها.
۳. ایجاد احساس مسؤولیت در داخل سازمان.
۴. متناسب سازی برنامه ریزی جانشینی با فرهنگ شرکت.
۵. اندازه گیری نتایج و تقویت رفتارهای مطلوب، تا کارکنان برای شغل های فردا آماده و آموزش دیده شوند.

برنامه ریزی جانشینی تضمین می کند که در همه ی پست های سازمانی، نه تنها امروز، بلکه فردا، سال آینده و پنج سال آینده هم افراد با شایستگی ها و توانایی های بالا حضور داشته باشند. برنامه ریزی جانشینی فرآیندی را برای جذب کارکنان، توسعه مهارت ها و توانایی های آنها و آماده سازی آنها برای

⁴¹ Samuel Greengard

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پیشرفت، همزمان با حفظ آنها برای تضمین بازگشت سرمایه گذاری سازمان در آموزش پایه ریزی می کند. برنامه ریزی جانشینی شامل مراحل زیر است:

- تعیین پست های سازمانی مهم.
- شناسایی صلاحیت های کنونی و آتی مورد نیاز آن پست های سازمانی.
- ایجاد ابزارهای ارزیابی و انتخاب.
- شناسایی شکاف های بین سطح توانمندی کارکنان کنونی و کاندیداها.
- تهیه برنامه های توسعه فردی برای کارکنان.
- توسعه و پیاده سازی برنامه های مربی گری و راهنمایی.
- همکاری در گذار و توسعه رهبری.
- توسعه یک برنامه ارزیابی برای مدیریت جانشینی.

توسعه ی فرهنگ رهبری

مدیران و سرپرستان باید برای تبدیل شدن به رهبر تشویق شوند. سبک های مدیریتی دستوری و استبدادی به زودی منسوخ خواهند شد. رهبران فردا باید تسهیل کننده⁴² باشند. نقش مدیریت، تأمین منابع مورد نیاز، پشتیبانی و مربی گری برای رسیدن به نتایج مورد توافق همگان خواهد بود. بخشی از نقش رهبر این خواهد بود که به افراد کمک کند تا به حداکثر توانشان برسند و سپس موانع رشد آنها را برطرف کند. رهبران آینده به جای دستور دهنده بودن، الهام بخش خواهند بود. آنها مربی گری، تشویق و هدایت می کنند. رهبران مؤثر با کارکنانشان درباره اینکه چه کاری باید انجام شود، توافق می کنند. آنها – به همراه اعضای تیمشان – منابع مورد نیاز برای انجام کار را تعیین می کنند. سپس این منابع را فراهم کرده، از سر راه کارکنانشان کنار می روند تا آنها بتوانند کار کنند. رهبران از کارکنانشان قدردانی کرده، آنها را به رسمیت می شناسند. انسان ها مشتاق قدردانی شدن هستند. سپاسگزاری هر روزه از افراد با بیان صادقانه و مشخص و پیدا کردن روش های خلاقانه برای نشان دادن قدردانی، اجزای ارزشمندی از سبک های رهبری خوب هستند. همچنین رهبران سعی می کنند تا همه مدیران را آموزش دهند تا آنها به طور مداوم نقش مربی گری برای اعضای تیمشان داشته باشند. آنها روی کمک به همه ی کارکنان برای یادگیری روش های بهبود عملکرد تمرکز می کنند. بهبود مستمر از ارزیابی منفرد سالیانه اثربخش تر است. سرپرستان / مدیران نیاز به یادگیری تکنیک های جدید مربی گری برای مواجهه با تنوع نیروی کار دارند.

ایجاد و حفظ یک محیط یادگیرنده

⁴² facilitative

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

همان گونه که در بخش پیشین ذکر شد، یک محیط مساعد برای یادگیری با پشتیبانی از رشد شخصی و حرفه‌ای، از طریق آموزش، تعلیم و توسعه انسانی با هدف تبدیل شدن همه ی کارکنان به افرادی لایق و دارای اعتماد به نفس، به دست می آید. اهداف رشد شخصی و شرکتی به هم متصل می شوند تا محیطی ایجاد شود که افراد را به سازمان پیوند دهد. زمانی که افراد بتوانند نیازهای شخصی خود را از طریق شغلشان برآورده کنند، احتمالاً بیشتر در سازمان باقی می مانند.

"اگر فکر می کنید آموزش / تعلیم گران است؛ سعی کنید هزینه ی نادانی را حساب کنید."

بدون نام

ایجاد یک محیط کاری انعطاف پذیر

انعطاف ناپذیری در محیط کاری در حال کم رنگ شدن است. برعکس، گرایشی به سمت ساعت کاری انعطاف پذیرتر وجود دارد. نیروی کار تقاضای سیاست‌های شغلی را دارد که اجازه کار کردن از خانه را بدهند. خط مشی های سازمان باید بازبینی شده، در صورت نیاز تغییر کنند تا با محیط کاری جدید سازگار شوند.

تغییر از رسمیت در محیط کار را می توان در پوشش لباس هم مشاهده کرد. این تغییر با "جمعه های غیر رسمی" شروع شد و اکنون به پذیرش "لباس سازمانی غیررسمی" برای همه روزهای کاری منجر شده است. روابط هم غیررسمی تر شده‌اند. پژوهش‌ها نشان می دهند که روابط غیر رسمی، موانع را برداشته، باعث بهبود بهره وری قابل اندازه گیری می شود. این تغییر به سمت غیررسمی شدن بدون پیامد نیست. خط مشی ها و رویه‌ها باید تغییر کنند تا همزمان که امکان غیررسمی شدن فراهم می شود، راهنمایی های لازم برای حفاظت از کارکنان در برابر مزاحمت و رفتار نامناسب بین کارکنان به آنها ارائه شود.

۸.۱۰ اندازه گیری عملکرد

فرآیندهای مدیریت نیروی کار، همانند دیگر فرآیندها، برای بهبود نیاز به اندازه گیری و ارزیابی دارند. چند مثال از معیارهای سنجش عملکرد و داده‌های بهینه کاوی آنها عبارتند از:

۱. **درصد بودجه آموزشی (بودجه و نفر – ساعت کاری به ازای هر نیروی کار).** این معیار سنجش مربوط به این است که چقدر بودجه برای توسعه کارکنان اختصاص می دهیم. معیار مرجع حدود ۵ درصد است.

۲. **تعداد (یا درصد) متخصصان دارای گواهینامه تأیید صلاحیت نسبت به کل نیروی کار.** این معیار سنجش مربوط به مجموعه مهارت های نیروی کار نگهداشت و قابلیت اطمینان، از جمله تکنیسین ها است.

۳. تعداد مقالات ارائه شده یا منتشر شده در کنفرانس های مربوط به نگهداشت و قابلیت اطمینان. این معیار سنجش مربوط به توسعه انسانی و بهینه کاوی و به اشتراک گذاری اطلاعات با افراد برجسته صنعت است.

۴. تعداد افراد در بین کارکنان نگهداشت و قابلیت اطمینان که با تیم های استانداردسازی صنعتی یا تیم های انجمن های تخصصی همکاری می کنند. این معیار سنجش مربوط به بهینه کاوی و به اشتراک گذاشتن اطلاعات با همکاران صنعتی است.

۹.۱۰ خلاصه

امروزه تغییرات بزرگی در نیروی کار در حال رخ دادن است. این تغییرات هیچ ارتباطی به کوچک سازی، رقابت جهانی یا فشارهای کاری ندارند؛ بلکه ناشی از شکاف نسلی مشخصی هستند. جوانانی که وارد بازار کار می شوند، پیشینه های متنوعی داشته، نگرش های متفاوتی درباره کار دارند. آنها می خواهند که تعادلی بین زندگی و کار داشته باشند. آنها می خواهند رهبری شوند، نه مدیریت - و قطعاً تمایلی به مدیریت شدن در ریزه کاری ها ندارند^{۴۳}. مد جدید، انعطاف پذیری و غیررسمی بودن است. بخش بزرگی از مدیران کهنه کار با روش های نسبتاً استبدادی و دستور دهنده آموزش دیده اند که با نگرش های کارکنان امروزی سازگار نیستند.

یک کمبود جدی در نیروی کار در حال رخ دادن است. براساس داده های اداره آمار کار^{۴۴} آمریکا، تعداد شغل ها از افراد متقاضی پر کردن آنها بیشتر خواهد بود. علاوه بر این، افرادی که وارد بازار کار می شوند، به ویژه در زمینه نگهداشت و قابلیت اطمینان، در مهارت های پایه و همچنین توانایی های خواندن و ریاضیات کمبود دارند. به علاوه، نیاز به برنامه های توسعه نیروی انسانی در هر سازمانی وجود دارد تا تأمین نیروی کار ماهر و با استعداد را تضمین کند.

کمبود نیروی کار شدید خواهد شد. پیدا کردن کارکنان واجد صلاحیت مشکل خواهد بود. نیروی کار به راحتی از شغلی به شغل دیگر جابجا شده، جریانی به نام "پرش شغلی"^{۴۵} وجود خواهد داشت. جابجایی های شغلی پیوسته عادی خواهد شد.

سازمان ها تا زمانی که به طور ناگهانی بهترین افراد خود را از دست ندهند، غافل خواهند بود. مهم است که آماده باشید و برنامه ای داشته باشید که، اگر ممکن است، آنها را حفظ کنید، یا نیروی کار پشتیبانی که آماده برعهده گرفتن مسؤولیت های جدید باشد را آموزش دهید.

سازمان ها نباید برای جذب کارمندان دارای صلاحیت، منتظر باز شدن یک فرصت شغلی بمانند. آنها باید یک لیست غربال شده از کارکنان بالقوه داشته باشند که وقتی فرصت شغلی مناسب ایجاد شد، با آنها

⁴³ micro-management

⁴⁴ Bureau of Labor Statistics

⁴⁵ job hopping

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تماس بگیرند. برنامه های کارآموزی، برنامه های همکاری مشترک و ابزارهای مشابه می توانند برای جذب و ارزیابی کارکنان آینده استفاده شوند. برنامه ی جانشینی برای همه ی پست ها و آموزش کارکنان شناسایی شده باید توسعه داده شود. این اقدام ها تضمین می کنند که در زمان نیاز، افراد مناسب در دسترس باشند. برنامه ریزی جانشینی فقط یک استراتژی جایگزینی ساده نیست. این برنامه شامل پیش بینی نیازهای نیروی کار و توسعه استراتژی هایی برای تأمین آن نیازها است. هر فردی که استخدام می شود، باید حداقل استانداردهای صلاحیت را برآورده کند. این روش پیام بسیار شفافی ارسال می کند که ما به هیچ کسی که ممکن است مانع پیشرفت ما شود اجازه نخواهیم داد. با تعهد به این قانون، سازمان ها عملکرد بالای کارکنان فعلی را تقویت می کنند.

ساختار سازمانی باید به صورت نقادانه بررسی شود. آیا سازمان به شکل بهینه برای عملیات روان و یکنواخت طراحی شده است؟ آیا [ساختار سازمانی] از بهره وری، پاسخگویی و سودآوری پشتیبانی می کند؟ اگر خیر، باید تغییراتی انجام شود تا انرژی ها را برای کسب نتایج متمرکز کند. افراد باید به صورت چندمنظوره آموزش داده شوند تا بتوانند به صورت بهره ور در کنار هم در واحدها و خطوط عملیاتی کار کنند.

با وجود همه این تلاش های انجام شده برای جذب، آموزش، حفظ و کاهش از دست دادن مهارت ها و استعداد های مهم، واقعیت این است که ما تحت فشار روزافزونی هستیم تا یک مدل نیروی کار انعطاف پذیرتر را در پیش بگیریم تا هزینه های ثابت را به هزینه های متغیر تبدیل کنیم. خدمات اشتراکی و برون سپاری باید برای به دست آوردن یک راه حل هزینه ای مقرون به صرفه رزیابی شوند. بیایید فراموش نکنیم که نیروی کار امروزی – که بیشترین بخش آن را نسل دوران ازدیاد، نسل ایکس و نسل ایگرگ با پیشینه های قومی متنوع تشکیل می دهند – نیازمند مجموعه های گوناگونی از مزایا و سبک های مدیریتی است تا در سازمان بماند.

در پایان، جذب یک نیروی کار با دانش و مجموعه مهارت های مورد نیاز، نیازمند تعهد بلند مدت است. هماهنگی نیروی کار با استراتژی کلی کسب و کار تنها یک نقطه شروع است. سازمان ها باید رویکردهای نظام مندی برای جذب، توسعه و حفظ استعدادهای جوان کلیدی توسعه دهند. در همان حال، باید احتمال از دست دادن آن دسته مهارت های حیاتی که نیروهای کار سالخورده به وفور در اختیار دارند، را کمینه کنند. علاوه بر این، تنها با ایجاد چالش مستمر برای نیروی کار می توانیم یک مدل نیروی کار انعطاف پذیرتر بسازیم. انسان ها یا به عبارت بهتر، انسان های مناسب، باعث می شوند که اتفاقات رخ دهند.

۱۰.۱۰ پرسش های خودآزمایی

پ ۱۰.۱۰ دکتر دمینگ کیست؟ پیام او چه بود؟

پ ۲۰۱۰ اصول دکتر دمینگ چگونه با نیروی کار مرتبط هستند؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پ ۳.۱۰ معلمان کیفیت^{۴۶} که در دهه ۱۹۶۰ صنعت ژاپن را متحول کردند، چه کسانی بودند؟ آنها چه کاری انجام دادند؟

پ ۴.۱۰ چرخه عمر نیروی کار را توضیح دهید. اهمیت آن چیست؟

پ ۵.۱۰ بزرگترین هزینه برای یک سازمان چیست؟

پ ۶.۱۰ مفهوم "شکاف بین نسلی" چیست؟ چگونه بروی سازمان تأثیر می گذارد؟

پ ۷.۱۰ چه کارهایی می توانیم برای بهره گیری از مزایای کارکنان نسل های مختلف انجام دهیم؟

پ ۸.۱۰ چرا فرآیند ارتباطات برای ما مهم است؟

پ ۹.۱۰ در فرآیند ارتباطات چه اتفاقی می افتد؟

پ ۱۰.۱۰ چگونه باید نیازهای آموزشی را تعیین کنیم؟

۱۱.۱۰ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. Archer, Ron. *On Teams*. Irwin Professional Publication, 1995.
2. Deming, W. Edwards. *Out of the Crisis*. MIT Press, Paperback issue, 2000.
3. DDI, Inc. *Engaging the Four Generations*. www.ddiworld.com
4. Frost, Peter et al. *HRM Reality*, 2nd edition. Prentice Hall, 2002.
5. Greengard, Samuel. *Finding the Work You Love*. AARP Books/Sterling, 2008.
6. The Herman Group. *Red Alert 2006: Workforce Trends*. www.hermangroup.com
7. Strauss, William and Howe, Neil. *Generations*. William Morrow Publication, 1991.
8. U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics. *Outlook Handbook* 2008/9 edition.
9. *Workforce Management*. www.workforce.com

⁴⁶ quality gurus

فصل ۱۱

ابزارهای تحلیل و بهبود نگهداشت

هر مشکلی یک فرصت است.

کیچیرو تویودا، بنیانگذار تویوتا

۱.۱۱ مقدمه

۲.۱۱ واژگان و تعاریف کلیدی

۳.۱۱ ابزارهای تحلیل علت ریشه ای نگهداشت

۴.۱۱ ابزارهای شش سیگما و نگهداشت کیفیت

۵.۱۱ ابزارهای نگهداشت ناب

۶.۱۱ سایر ابزارهای تحلیل و بهبود

۷.۱۱ خلاصه

۸.۱۱ پرسش های خودآزمایی

۹.۱۱ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از مطالعه این فصل، شما قادر خواهید بود موارد زیر را درک کنید:

- چرا ابزارهای تحلیلی لازم هستند؟
- انواع ابزارهای تحلیل موجود
- کدام ابزارهای تحلیلی باید استفاده شوند؟ چه زمانی و کجا باید استفاده شوند؟
- کاربرد شش سیگما در یک محیط غیرتولیدی
- منظور از ناب و VSM چیست و چگونه به نگهداشت اعمال می شوند؟

۱.۱۱ مقدمه

سازمان ها برای ادامه رقابت پذیری باید به طور مداوم فرآیندها را بهبود بخشند، هزینه ها را کاهش دهند و اتلاف ها را حذف کنند. برای توسعه و پیاده سازی برنامه های اثربخشی که به بهبود دارایی ها و فرآیندها منجر شوند، باید داده ها (داده های نگهداشت و قابلیت اطمینان) با استفاده از تکنیک ها و ابزارهای گوناگون تحلیل شوند.

بررسی های اخیر در صنعت نشان داده است که اگرچه اغلب سازمان ها سرمایه گذاری در زمان و تلاش لازم برای بهبود فرآیندهای خود را شروع کرده اند، ولی عموماً مشاهده می شود که مشکلات مشابه بارها تکرار می شوند. اثر این مشکلات روی مشتریان (داخلی و خارجی)، کارکنان، سودآوری و رقابت پذیری سازمان ها به خوبی مستند شده است. یکی از عواملی که باعث مشاهده این گونه مشکلات می شود، سیستم های مدیریت رسمی است که توسط اسنادی مانند استاندارد ISO 9000 هدایت می شوند. یکی از الزامات جدید "بهبود مستمر" در ISO 9001 سازمان ها را ملزم می کند که داده های عملکرد فرآیندها را با استفاده از ممیزی، شاخص های عملکرد داخلی و بازخورد مشتری جمع آوری و تحلیل کنند. هر مشکلی که شناسایی می شود، باید با استفاده از اقدامات اصلاحی از تکرار آن پیشگیری شود.

متأسفانه تلاش کافی برای ارائه راهنمایی در مورد چگونگی انجام یک عیب یابی مؤثر برای شناسایی علل مشکلات انجام نشده است. به طور کلی سازمان ها سعی می کنند به جای حل علل ریشه ای مشکلات، نشانه های آنها را رفع کنند. سازمان ها اغلب سعی می کنند چیزی را پیاده سازی کنند که ما به آن "راه حل نوارچسبی" می گوئیم، با این امید که مشکل را برطرف کنند. در همین حال، ریسک های مرتبط با تکرار مشکلات به طور قابل توجهی افزایش می یابد.

علاوه بر این، دارایی ها / سیستم های ما بسیار پیچیده می شوند. اگرچه شناسایی مشکلات سخت تر شده است، ولی قابلیت حل آنها با همان سرعت پیشرفت نکرده است. بسیاری از آموزش هایی که به طور عمومی ارائه می شوند، خیلی سطح بالا و بنیادین هستند، یا روی حل مسأله به صورت تحلیلی متمرکز نمی شوند. افراد نمی آموزند که چگونه به طور منطقی و استنتاجی فکر کنند. آنها دانش اینکه از چه ابزارهایی استفاده کنند و چگونگی استفاده از آنها را ندارند.

این فصل یک جعبه ابزار با بسیاری از ابزارهای حل مسأله را ارائه داده، عمدتاً روی فرآیندهای تحلیلی برای یافتن علل واقعی مشکلات تمرکز دارد. در این فصل، ابزارها و تکنیک های مختلف موجود بررسی خواهند شد – از چک لیست ها و صفحات گسترده¹ ی ساده تا نرم افزارهای مدل سازی پیچیده که برای حل مسأله مفید هستند. ما در بحث خود روی برخی از این ابزارها متمرکز می شویم و به صورت خلاصه، موقعیت هایی که این ابزارها می توانند در آنها استفاده مناسبی داشته باشند را توضیح می دهیم.

ابزارهای تحلیلی بسیار زیادی در دسترس ما هستند. به منظور ساده سازی بحث، آنها را در چهار دسته اصلی طبقه بندی کرده ایم. این دسته بندی ها عبارتند از:

- ابزارهای تحلیل علت ریشه ای نگهداشت
- ابزارهای شش سیگما و کیفیت نگهداشت
- ابزارهای نگهداشت ناب
- سایر ابزارهای تحلیل و بهبود

¹ spreadsheets

همه ی این ابزارها در بخش های بعدی این فصل بحث خواهند شد.

۲.۱۱ واژگان و تعاریف کلیدی

۵ چرا

یک تکنیک حل مسأله برای کشف علت ریشه ای یک مشکل است. این تکنیک به کاربران کمک می کند تا صرفاً با پرسیدن چند "چرا" علت ریشه ای را آشکار کرده، به سرعت به ریشه مسأله برسند.

انحراف معیار

انحراف معیار، تغییرات مقادیر از میانگین را اندازه گیری می کند. این متغیر با حرف یونانی (σ) نشان داده شده، با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

که در آن:

Σ = مجموع

x_i = مقادیر مشاهده شده

$\bar{x}$ = میانگین حسابی

n = تعداد مشاهده ها

تحلیل حالات و اثرات شکست (FMEA)^۲

تکنیکی برای بررسی یک دارایی، فرآیند یا طراحی است که راه های بالقوه ای را که آن دارایی / فرآیند / طراحی می تواند دچار شکست شود تعیین کرده، اثرات بالقوه (پیامدها) آن شکست ها را بررسی می کند؛ به دنبال آن فعالیت های مناسب برای کاهش ریسک های دارای بالاترین اولویت را مشخص می کند.

تحلیل علت و معلول^۳

^۲ Failure modes and Effects Analysis

^۳ Cause-and-Effect Analysis

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

به نام نمودار ایشیکاوا یا نمودار استخوان ماهی هم شناخته می شود. این نمودار تعداد زیادی از علل ممکن برای یک اثر یا مشکل را شناسایی کرده، سپس ایده ها را در دسته بندی های مفیدی مرتب می کند تا به توسعه اقدامات اصلاحی مناسب کمک کنند.

تحلیل پارتو^۵

این نمودار میله ای، انحراف ها را براساس تعداد وقوعشان نشان می دهد. انحراف ها به ترتیب نزولی نمایش داده می شوند تا بزرگترین فرصت های بهبود را مشخص کرده، کم مهم را از زیاد کم اهمیت جدا کند. این مفهوم به عنوان اصل ۲۰/۸۰ هم شناخته می شود.

تحلیل علت ریشه ای

شناسایی و ارزیابی دلیل یک وضعیت نامطلوب یا عدم انطباق. روشی که به کشف علت یک مشکل یا علت ریشه ای منجر می شود.

تحلیل موانع^۶

یک روش پرکاربرد، به ویژه در صنایع فرآیندی است که براساس ردیابی جریان های انرژی استوار است. این روش روی موانع این جریان ها تمرکز داشته، به شناسایی روش ها و دلایلی کمک می کند که باعث می شوند موانع جلوی ایجاد آسیب توسط جریان های انرژی را نگیرند.

چرخه بهبود دمینگ (PDCA)

طرح ریزی - انجام - کنترل - انجام (PDCA)^۱ به عنوان روش دمینگ برای ایجاد بهبود شناخته می شود.

چک لیست ها

یک ابزار عمومی است که برای اهداف گوناگونی قابل توسعه است. چک لیست، یک فرم ساختار یافته و از پیش آماده برای جمع آوری، ثبت و تحلیل داده ها در حین پیشرفت کار است. برخی مثال های آن شامل چک لیست راه اندازی اپراتوری، چک لیست PM و چک لیست قابلیت نگهداشت است که توسط طراحان استفاده می شود.

Pareto Analysis*

⁵ Barrier Analysis

⁶ Plan-Do-Check-Act

خطا ناپذیر سازی

خطا ناپذیر سازی، که به نام پوکایو که^۷ (معادل ژاپنی) هم شناخته می شود، عبارت است از استفاده از هر دستگاه یا روش خودکاری که یا امکان وقوع خطا را غیرممکن کرده، یا باعث می شود که خطا بلافاصله پس از اتفاق افتادن آشکار شود.

درخت خطا

این ابزار تحلیل با شروع از شکست نهایی (یا رویداد) شروع شده، به تدریج هر علتی که منجر به علت قبلی شده است را ردیابی می کند. این مسیر تا جایی ادامه پیدا می کند که امکان ردیابی بیشتر وجود نداشته باشد. پس از تکمیل شدن درخت خطا و بررسی جریان منطقی آن، مشخص می شود که چه تغییراتی می تواند از توالی علل (یا رویدادها) با پیامدهای مشخص پیشگیری کند.

شنش سیگما

این روش، فرآیندها را به صورت نظام مند تحلیل می کند تا تغییرات فرآیند را کاهش داده، اتلاف ها را حذف کند. شنش سیگما برای بهبود بهره وری و کیفیت در هر نوع سازمانی هم استفاده می شود. DMAIC (تعریف – اندازه گیری – تحلیل – بهبود – کنترل)^۸ گام هایی را نشان می دهند که برای هدایت پیاده سازی فرآیند شنش سیگما استفاده می شوند.

طراحی آزمایش ها (DOE)

روشی برای انجام آزمایش های کاملاً برنامه ریزی شده روی یک فرآیند است. معمولاً طراحی آزمایش ها شامل یک سری آزمایش است که با توجه دقیق روی تعداد زیادی متغیر شروع شده، سپس روی تنها چندین متغیر مهم تمرکز می کند.

طراحی برای شنش سیگما (DFSS)

یک روش نظام مند که از ابزار و آموزش برای ایجاد امکان طراحی محصولات، فرآیندها و خدماتی استفاده می کند که انتظارات مشتری را با سطوح کیفیت شنش سیگما برآورده می کنند. DFSS فرآیند طراحی را بهینه می کند تا به عملکردهای شنش سیگمای با کیفیت بسیار بالا و تکرارپذیر دست یابد. این روش از یک فرآیند پنج مرحله ای به نام DMADV (تعریف – اندازه گیری – تحلیل – طراحی – تصدیق)^۹ پیروی می کند که گاهی به عنوان مترادف DFSS شناخته می شود.

⁷ Poka-Yoke

⁸ Define-Measure-Analyze-Improve-Control

⁹ Define-Measure-Analyze-Design-Verify

لایه بندی^{۱۰}

تکنیکی که داده های جمع آوری شده از منابع گوناگون را جدا می کند تا یک الگو قابل مشاهده شود.

مود^{۱۱}

واژه ناب ژاپنی برای ائتلاف؛ کار بدون ارزش افزوده.

مورا^{۱۲}

واژه ناب ژاپنی برای ناهمواری؛ ناپایداری.

موری^{۱۳}

واژه ناب ژاپنی برای بار زیاد؛ کار غیر منطقی.

نظریه ی محدودیت ها (TOC)^{۱۴}

مفاهیم و روش هایی که اصلی ترین هدف آنها دستیابی به اثربخش ترین جریان مواد در یک کارخانه است. در اصل، این نظریه یک فلسفه برنامه ریزی و کنترل موجودی است که بیان می کند هر سازمان زنجیره ای از پیوندهای وابسته به هم (واحدها، کارکردها و منابع) دارد؛ ممکن است برخی از این واحدها / کارکردها / منابع، پتانسیل عملکرد بهتری داشته باشند، ولی به دلیل وجود یک پیوند ضعیف – تنگنا (محدودیت) – از تحقق آن بهره مند نمی شوند. TOC به شناسایی و برطرف کردن تنگناها کمک می کند. این روش گاهی به عنوان تحلیل تنگناها^{۱۵} هم شناخته می شود.

نگاشت جریان ارزش (VSM)^{۱۶}

VSM ابزاری است که به بصری کردن و درک جریان اطلاعات و مواد در مسیر جریان فرآیند ارزش می انجامد. این ابزار گام هایی را شناسایی می کند که هیچ ارزشی را اضافه نمی کنند – ائتلاف هستند و یا باید از فرآیند حذف شوند یا بهبود یابند.

¹⁰ Stratification

¹¹ Muda

¹² Mura

¹³ Muri

¹⁴ Theory of Constraints

¹⁵ bottleneck analysis

¹⁶ Value Stream Mapping

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

نگاشت علی^{۱۷}

یک روش ساده ولی اثربخش برای تحلیل، مستندسازی، برقراری ارتباط و حل یک مسأله است که نشان می‌دهد چگونه روابط مستقل علت و معلولی با یکدیگر پیوند دارند.

نمودار پراکندگی^{۱۸}

نموداری که جفت داده های عددی را نمایش می‌دهد، یک متغیر روی هر محور، تا به دنبال یک روند یا رابطه باشد.

نمودار جریان (فلوچارت)

خلاصه ای گرافیکی از گام های فرآیند (مانند تولید، انبارش، حمل و نقل) و جریان‌ها (حرکت اطلاعات و مواد) که یک روش یا فرآیند را از ابتدا تا انتها تشکیل می‌دهند. این اطلاعات برای تعریف، مستند سازی، مطالعه و بهبود سیستم استفاده می شوند. به نام نمودار جریان، نمودار فرآیند جریانی یا دیاگرام شبکه هم شناخته می‌شود.

نمودارهای کنترل^{۱۹}

نموداری است که برای نمایش تغییرات یک فرآیند در طول زمان استفاده می شود. مقایسه داده های فعلی با محدوده های کنترل تاریخی، نشان می دهد که آیا نوسانات فرآیند تحت کنترل یا خارج از کنترل هستند.

۳.۱۱ ابزارهای تحلیل علت ریشه ای نگهداشت

تحلیل علت ریشه ای (RCA)^{۲۰}

تحلیل علت ریشه ای (RCA) یا آن طور که گاهی تحلیل علت شکست ریشه ای (RCFA)^{۲۱} نامیده می‌شود، یک روش گام به گام است که منجر به کشف علت اصلی (یا علت ریشه ای) شکست می‌شود. اگر علت ریشه ای یک شکست به موقع برطرف نشود، شکست خودش را تکرار خواهد کرد و معمولاً

¹⁷ Cause Mapping

¹⁸ Scatter Diagram

¹⁹ Control Charts

²⁰ Root Cause Analysis

²¹ Root Cause Failure Analysis

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

باعث از دست رفتن غیرضروری تولید و افزایش هزینه نگهداشت می شود. RCA یک روش ساختاریافته برای رسیدن به علت ریشه ای است، که باعث تسهیل شدن حذف علت و نه فقط علایم مرتبط با آن می شود.

دارایی ها، اجزا و فرآیندها ممکن است به دلایل گوناگونی دچار شکست شوند. ولی معمولاً توالی معینی از اقدامات و پیامدها منجر به شکست می شوند. یک بررسی RCA دنباله علل و اثرات را از از شکست به سمت عقب تا علت ریشه ای تعقیب می کند. RCA بیشتر شبیه به یک کارآگاه است که در حال کار برای حل یک جنایت است، یا شبیه هیأت ایمنی حمل و نقل ملی (NTSB)^{۲۲} است که پس از یک سانحه هواپیما، تلاش می کند شواهد را در کنار هم قرار دهد تا علت شکست را تعیین کند.

چندین مطالعه توسط سازمان های بسیاری مکرراً ثابت کرده است که ۹۰٪ موقعیت های ناخواسته ای که در اثر شکست ها ایجاد می شوند، به مشکلات فرآیندی مرتبط هستند؛ فقط حدود ۱۰٪ موقعیت ها به مشکلات نیروی انسانی ارتباط دارند. با این حال، بیشتر سازمان ها به جای تمرکز بر یافتن علت ریشه ای، وقت زیادی را برای یافتن مقصر یا مقصرها صرف می کنند. به دلیل این تلاش در مسیر اشتباه، ما اغلب فرصت یادگیری و بهره برداری از درک علت ریشه ای شکست های ناخواسته و حذف آن علل را از دست می دهیم. به دو سناریوی زیر توجه کنید.

سناریوی شماره ۱: مدیر کارخانه وارد کارخانه شده، یک لکه روغن روی زمین نزدیک یک دستگاه مونتاژ لوله مشاهده کرد. مدیر به سرپرست آن ناحیه دستور داد تا روغن را فوراً تمیز کند. روز بعد، در همان منطقه کارخانه، مدیر کارخانه باز هم روی زمین روغن دید و از سرپرست ناحیه خواست تا روغن را از زمین تمیز کند. در واقع، مدیر از سرپرست ناحیه کمی ناراحت بود که دستوراتی که روز قبل داده شده است را پیگیری نکرده است. کلمات آخر مدیر، هنگام ترک محل، این بود که یا روغن را تمیز کنید یا من کسی را پیدا می کنم که این کار را انجام دهد.

سناریوی شماره ۲: مدیر کارخانه وارد کارخانه شده، یک لکه روغن روی زمین نزدیک یک دستگاه مونتاژ لوله مشاهده کرد. مدیر از سرپرست آن ناحیه پرسید که چرا روغن روی زمین است. سرپرست اعلام کرد که به دلیل نشتی از یک آب بند کننده روغن در اتصال لوله هیدرولیک بالایی است. سپس مدیر کارخانه از سرپرست پرسید که آب بند کننده روغن کی تعویض شده است. سرپرست پاسخ داد که نگهداشت در چند هفته گذشته ۵ یا ۶ بار آب این بند کننده را تعویض کرده، ولی دوباره همه ی آنها دچار نشتی شده اند. سرپرست همچنین اعلام کرد که نگهداشت در حال صحبت با واحد خرید در مورد این آب بند کننده ها بوده است، زیرا به نظر می رسید همه آنها دچار شکست و نشتی زودرس شده اند.

سپس مدیر کارخانه به واحد خرید مراجعه کرد تا در مورد وضعیت آب بند کننده ها صحبت کند. مدیر خرید اعلام کرد که طبق گزارش واحد نگهداشت، آنها در واقع یک مجموعه نامناسب از آب بند کننده های روغن از تأمین کننده دریافت کرده اند. مدیر خرید همچنین اعلام کرد که آنها در یک ماه گذشته

²² National Transport Safety Board

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

سعی کرده‌اند که تأمین کننده، خرید قبلی شامل ۵۰ آب بند کننده، که به نظر می‌رسید همگی بد بوده‌اند، را جبران کند.

سپس مدیر کارخانه از مدیر خرید پرسید که چرا از این تأمین کننده با کیفیت پایین خرید کرده بودند. مدیر خرید پاسخ داد که این تأمین کننده پایین ترین قیمت را پیشنهاد داده بود. هنگامی که مدیر کارخانه از مدیر خرید پرسید که چرا بدون توجه به کیفیت، سراغ پایین ترین قیمت رفته اند، مدیر خرید توضیح داد که او به دستور مدیر مالی سراغ پایین ترین قیمت رفته بود.

سپس مدیر کارخانه با مدیر مالی درباره وضعیت صحبت کرد. مدیر مالی گفت که دستورش برای خرید همیشه از پایین ترین پیشنهاد قیمت، به دلیل یادداشتی بوده که مدیر کارخانه به آنها داده بود که تا حد ممکن حواسشان به هزینه ها باشد و برای صرفه جویی در هزینه ها فقط از پایین ترین پیشنهاد دهنده خرید کنند. مدیر کارخانه وحشت زده متوجه شد که او دلیل روغن روی زمین کارخانه بود. چه کشفی! ممکن است سناریوی شماره ۲ را کمی خنده دار بدانیم. ما متوجه شده ایم که بیشتر اوقات همه در سازمان تلاش می‌کنند تا بهترین کار و کارهای درست را انجام دهند. ولی گاهی اوقات کارها مطابق تصور ما پیش نمی‌روند. علت ریشه ای این وضعیت، بهینه‌سازی زیرمجموعه ها بدون داشتن دید کلی است. سناریوی شماره ۲ همچنین یک مثال خوب از این است که تحلیل علت ریشه ای چگونه باید انجام شود. ما باید به پرسیدن "چرا؟" تا جایی ادامه دهیم که یک الگو ظاهر شده، علت مشکل پیچیده نسبتاً آشکار شود.

وقتی با مشکلی روبرو می‌شویم، چگونه به دنبال راه حل آن می‌گردیم؟ آیا مانند پاک کردن مستمر روغن در سناریوی شماره ۱، بلافاصله درگیر درمان نشانه ها می‌شویم؟ اگر تنها نشانه ها را برطرف کنیم، براساس آنچه که در سطح مشاهده می‌کنیم، مشکل احتمالاً دوباره رخ خواهد داد. ما دوباره و دوباره به رفع نشانه های مشکل ادامه خواهیم داد، ولی هرگز آن را حل نخواهیم کرد.

تمرین RCA بر این باور استوار است که مشکلات با تلاش برای اصلاح یا حذف علت ریشه ای، به جای توجه صرف به نشانه های آشکار لحظه ای آنها، بهتر حل خواهند شد. با هدایت اقدامات اصلاحی به سوی علل ریشه ای، احتمال بازگشت مشکل کمینه می‌شود. در بسیاری از موارد، جلوگیری کامل از بازگشت مشکل از طریق یک مداخله واحد، غیرممکن است. به همین دلیل، تحلیل علت ریشه ای معمولاً به عنوان یک فرآیند تکراری^{۲۳} در نظر گرفته و اغلب به عنوان بخشی از جعبه ابزار بهبود مستمر شناخته می‌شود. تحلیل علت ریشه ای، یک روش یکتای تعریف شده نیست؛ چندین نوع یا فلسفه گوناگون RCA وجود دارند. بیشتر آنها را می‌توان براساس زمینه کاربرد، به چهار دسته بسیار گسترده تقسیم کرد: مبتنی بر ایمنی، مبتنی بر تولید، مبتنی بر فرآیند و مبتنی بر شکست دارایی.

۱. RCA مبتنی بر ایمنی، برای پیدا کردن علت حوادث مربوط به ایمنی شغلی، بهداشت و محیط زیست انجام می‌شود.

²³ iterative

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۲. RCA مبتنی بر تولید یا محصول، برای شناسایی علت کیفیت نامناسب، مشکلات تولید و سایر مشکلات ساخت مربوط به محصول انجام می شود.

۳. RCA مبتنی بر فرآیند، برای شناسایی علل مشکلات مرتبط با فرآیندها، از جمله سیستم های کسب و کاری، انجام می شود.

۴. RCA مبتنی بر دارایی، برای تحلیل شکست دارایی یا سیستم ها در حوزه مهندسی و نگهداشت انجام می شود.

علی رغم تفاوت ظاهری در مقصود و تعریف بین انواع گوناگون تحلیل علت ریشه ای، برخی اصول عمومی وجود دارند که به عنوان اصول جهان شمول در نظر گرفته شوند.

RCA اصول عمومی

- هدف گیری به سمت تدابیر اصلاحی روی علل ریشه ای، از صرفاً درمان نشانه های یک مشکل اثربخش تر است.
- برای اثربخش بودن، RCA باید به صورت نظام مند انجام شده، نتایج براساس شواهد کنترل شوند.
- معمولاً برای هر مشکل، بیش از یک علت ریشه ای وجود دارد.

شش گام انجام RCA

- تعریف مشکل – شکست.
- جمع آوری داده ها / شواهد درباره مسایلی که منجر به مشکل منجر شده اند.
- شناسایی علل و عوامل احتمالی.
- توسعه راه حل ها و پیشنهادها.
- پیاده سازی پیشنهادها.
- پیگیری راه حل های پیشنهادی برای اطمینان از اثربخشی آنها.

گام یک: تعریف مشکل

- چه اتفاقی افتاد؟
- نشانه های خاص آن اتفاق چه بود؟

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

چه اتفاقی افتاد؟ چه چیزی خراب شد؟ مشکل چگونه کشف شد؟ چه توالی ای از رویدادها به شکست یا خرابی منجر شد؟ باید یک بررسی فیزیکی از منطقه یا دارایی مربوطه صورت گرفته، یک شرح دقیق و واقعی از رویداد ارائه شود. اگر همه ی جنبه های مشکل بررسی نشوند، احتمال ار دست دادن علت اصلی بسیار بالا خواهد بود.

گام دو: جمع آوری داده ها / شواهد

- چه مدارکی برای وجود مشکل داریم؟
- چه توالی ای از رویدادها منجر به مشکل شده است؟
- چه مدتی مشکل وجود داشته است؟
- تأثیر این مشکل چیست؟

وضعیت را تحلیل کرده، عواملی را که منجر به مشکل شده اند ارزیابی کنید. برای بیشینه کردن اثربخشی روش RCA، همه ی افراد مرتبط را درگیر کنید، مانند اپراتورها، نیروهای نگهداشت و سایر افرادی که با وضعیت آشنا هستند. افرادی که با مشکل آشنا تر هستند، می توانند به بهتر درک مسایل کمک کنند. مسایلی که منجر به ایجاد مشکل شده اند باید به صورت تجمیعی شناسایی شوند. جزئیات مشکل – شکست می تواند با استفاده از ابزار '3W2H' (چه چیزی، کی، کجا، چگونه و چه مقدار)^{۲۴} سازماندهی شود.

هنگام بررسی یک مشکل، هیچ پیش فرضی نداشته باشید. طبیعت و علت هیچ دو مشکلی دقیقاً یکسان نیست. در واقع، به ندرت پیش می آید که یک شکست دقیقاً به یک شکل، دوبار اتفاق بیفتد. هر مشکلی باید به صورتی بررسی شود که گویی برای نخستین بار به آن وضعیت نگاه می کنید. ممکن است پدیده های شکست، یکسان به نظر برسند، ولی علت آنها می تواند متفاوت باشد.

گام سه: شناسایی علل و عوامل احتمالی

- عوامل علی این مشکل چیستند؟
- چرا این عامل علی وجود دارد؟
- دلیل واقعی ایجاد مشکل چیست؟

²⁴ What, When, Where, How, How much

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

همه ی علل ممکن شکست را شناسایی کنید. بررسی مشکلات گذشته می تواند به تعیین علت شکست کمک کند؛ ولی نباید جستجوی خود را به علل گذشته محدود کنید. هر علت احتمالی باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

در فرآیند تحلیل علت، مشخص خواهد شد که برخی علل غیرمنطقی هستند. پس از بررسی دقیق، همه ی علل غیرمنطقی را حذف کنید. اگر مشخص شود که علت شکست به دلیل خطای انسانی بوده است، این علت را از علل فیزیکی جدا کنید.

از این ابزارها برای کمک به شناسایی عوامل علی استفاده کنید:

- ۵ چرا - پرسید چرا؟ تا جایی که ریشه مشکل پیدا شود.
- نمودارهای علت و معلول (علّیت)^{۲۵} - نموداری از همه ی عوامل علی ممکن ایجاد کنید تا ببینید ممکن است مشکل از کجا شروع شده باشد.
- تقسیم به جزئیات - یک مشکل را به قطعات کوچک و جزئی تقسیم کنید تا بهتر بتوانید تصویر کلی را درک کنید.
- پرسید: پس چه؟ همه ی پیامدهای ممکن یک واقعیت را تعیین کنید.

این ابزارها برای تشویق به تحلیل عمیق تر در هر سطح علت و معلول طراحی شده اند. در طول این مرحله، همه ی عوامل علی ممکن را شناسایی کنید. غالباً افراد یک یا دو عامل را شناسایی کرده، سپس متوقف می شوند، ولی این کافی نیست. در RCA ما نمی خواهیم فقط به علل آشکار بپردازیم؛ ممکن است نیاز باشد به عمق مشکلات بپردازیم.

گام چهار: توسعه راه حل ها و پیشنهادها

شما باید اقدامات اصلاحی مناسب را، براساس عواملی که ممکن است علت شکست باشند، توسعه دهید. برای توسعه پیشنهادهای مناسب، عوامل علی را به سه نوع اصلی علت تقسیم کنید:

الف) علل فیزیکی - موارد قابل لمس و مادی که به نحوی دچار شکست شدند (مانند: ترمزهای جرثقیل کار نکرد؛ میله سیلندر هیدرولیک در محل مناسب توقف نکرد).

ب) علل انسانی - اپراتور یا مکانیک کاری را اشتباه انجام داده، یا کاری را که نیاز بود انجام نداده اند. علل انسانی به طور معمول به علل فیزیکی منجر می شوند (برای مثال، کمبود روغن ترمز که منجر به خرابی ترمز شده است؛ سوییچ محدود کننده پس از آخرین تنظیمات، دوباره در محل درست قرار نگرفته است).

²⁵ Cause and Effect Diagrams

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

پ) عوامل سازمانی / فرآیندی – سیستم، فرآیند یا سیاستی که افراد برای تصمیم گیری یا انجام کار خود استفاده می کنند، نادرست است (برای مثال، هیچ فردی مسؤول نگهداشت وسایل نقلیه نبود و همه تصور کردند که شخص دیگری روغن ترمز را پر کرده بود؛ هیچ رویه ی مکتوبی برای تضمین جاگذاری مجدد سوییچ محدود کننده پس از تغییر تنظیمات وجود نداشت).

تحلیل علت ریشه ای باید هر سه نوع این علل را بررسی کند. این تحلیل شامل بررسی الگوهای اثرات منفی، یافتن عیوب پنهان در سیستم و کشف اقدامات خاصی است که منجر به مشکل شده اند. یعنی RCA اغلب بیش از یک علت ریشه ای را آشکار می کند.

گام پنج: پیاده سازی پیشنهادها

- الف) چه کاری می توانیم انجام دهیم تا از بروز دوباره ی مشکل دوباره پیشگیری کنیم؟
- ب) آن راه حل چگونه پیاده سازی خواهد شد؟
- پ) چه کسی مسؤول آن خواهد بود؟
- ت) پیاده سازی راه حل چه ریسک هایی دارد؟
- ث) موفقیت در پیاده سازی راه حل چگونه اندازه گیری خواهد شد؟

برنامه ای با زمان بندی مناسب برای پیاده سازی راه حل یا توصیه های پیشنهادی توسعه دهید. این برنامه باید به همه ذی نفعان، اعم از مدیریت، ارائه شده، مورد تأیید آنها قرار گیرد. این برنامه همچنین باید روش پیگیری پیشرفت پیاده سازی را مشخص کرده، معیارهای سنجش مورد استفاده برای اندازه گیری اثربخشی راه حل پیشنهادی را تعیین کند.

گام شش: پیگیری راه حل های پیشنهادی برای اطمینان از اثربخشی آنها

پس از پیاده سازی راه حل های پیشنهادی، پیگیری معیارهای سنجش مناسب برای اندازه گیری اثربخشی آن راه حل پیشنهادی، قسمتی ضروری از RCA است. اگر راه حل اثربخش نبود، تیم باید دوباره RCA را بررسی و راه حل را اصلاح کرده، سپس پیشنهادهای بازبینی شده را پیاده سازی و دوباره اثربخشی را اندازه گیری کند.

نمونه هایی از ابزارها و تکنیک ها برای انجام تحلیل علت ریشه ای

- پنج چرا

- نمودار علت و معلول یا نمودار استخوان ماهی
- تحلیل حالت شکست و اثرات (FMEA)
- تحلیل پارتو – قانون ۲۰/۸۰
- تحلیل درخت خطا
- تحلیل موانع
- نگاشت علت^{۲۶}

نمونه هایی از برخی از عناصر اصلی علل ریشه ای:

مواد

- مواد خام معیوب
- نوع نادرست ماده برای این کار

دارایی / ماشین

- دارایی / ماشین نادرست استفاده می شود
- انتخاب ابزار نادرست
- نگهداشت نامناسب یا ناکافی
- طراحی نامناسب
- اشکال در نصب
- ماشین یا ابزار معیوب

محیط

- حفظ و نگهداری ضعیف محیط کار
- طراحی شغل یا طرح کار نامناسب
- نگهداشت نامناسب سطوح
- نیازهای فیزیکی کار
- نیروهای طبیعت یا حوادث پیش بینی نشده

ایمنی و مدیریت

- عدم مشارکت یا مشارکت ضعیف مدیریت
- عدم توجه به وظایف

²⁶ Cause mapping

- مخاطرات شغلی به درستی حفاظت نمی شوند
- تشخیص نادرست خطر
- خطراتی که قبلاً شناسایی شده، حذف نشده اند
- فشار کاری بالا

روش ها

- عدم وجود رویه های مناسب یا رویه های ناکارآمد
- عدم رعایت رویه ها
- ارتباطات نامناسب

سیستم افراد / مشارکت

- عدم آموزش یا آموزش ناکافی
- نبود رویه های عملیاتی فرآیند / ماشین
- عدم مشارکت یا مشارکت ناکارآمد کارکنان

قالب تحلیل علت ریشه ای

قالب پیشنهادی برای گزارش نهایی تحلیل علت ریشه ای:

۱. حادثه غیرمطلوب
۲. خلاصه حادثه غیرمطلوب
۳. خلاصه داده ها از تحلیل حالت شکست / تحلیل پارتو
۴. علل ریشه ای شناسایی شده
- الف. فیزیکی
- ب. انسانی
- پ. سازمان / فرآیند و رویه ها
۵. اقدامات اصلاحی پیشنهادی
۶. برنامه پیاده سازی
۷. معیارهای اندازه گیری اثربخشی
۸. اعضای تیم
۹. نظرات خاص / تکمیلی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

برنامه های نرم افزاری کامپیوتری زیادی وجود دارند که می توانند در پشتیبانی و مستندسازی تحلیل علل ریشه ای بسیار مفید باشند. پیشنهاد می شود از یک برنامه تجاری در دسترس یا یک صفحه گسترده²⁷ برای مستندسازی یافته های فرآیند استفاده کنید.

تحلیل پنج چرا

پنج چرا یک تکنیک ساده حل مسأله است که به کاربران کمک می کند به سرعت به ریشه مشکل برسند. این تحلیل در دهه ۱۹۷۰ توسط سیستم تولید توپوتا محبوب شد. این روش عبارت است از نگاه کردن به هر مشکل و پرسیدن "چرا؟" و "چه چیزی علت این مشکل بوده است؟". اغلب، پاسخ به چری اول، باعث ایجاد چری دیگری می شود و پاسخ به چرای دوم می تواند چری سوم را فراخوانی کند و به همین ترتیب پیش می رود - به این دلیل، نام این تحلیل، پنج چرا شده است.

مزایای تحلیل پنج چرا عبارتند از:

- به تشخیص سریع علت ریشه ای مشکل کمک می کند.
- یادگیری و استفاده از آن آسان است.

چگونگی استفاده از ابزار تحلیل پنج چرا

هنگامی که به دنبال حل یک مشکل هستید، از نتیجه نهایی شروع کرده، به عقب (به سمت علت ریشه ای) حرکت کنید و به طور مداوم از پرسش "چرا؟" استفاده کنید. این فرآیند باید مرتباً تکرار شود تا جایی که علت ریشه ای مشکل آشکار گردد. اگر این روش به یافتن سریع پاسخ درست منجر نشد، ممکن است به تکنیک های پیچیده تر حل مسأله نیاز داشته باشید.

مثال

مثال زیر اثربخشی تحلیل پنج چرا را به عنوان یک تکنیک حل مسأله نشان می دهد:

۱. چرا مشتری ما (واحد عملیاتی xyz) ناراضی است؟
 - به دلیل اینکه ما خدمات خود را (تعمیر دارایی) در زمانی که گفته بودیم، تحویل ندادیم.
۲. چرا نتوانستیم به برنامه زمانی توافق شده برای تحویل پایبند باشیم؟
 - این کار بسیار بیشتر از زمانی که فکر می کردیم، طول کشید.
۳. چرا بیشتر طول کشید؟
 - به دلیل اینکه الزامات انجام کار را دست کم گرفته بودیم.

²⁷ spreadsheet

۴. چرا کار را دست کم گرفته بودیم؟

• به دلیل اینکه ما یک تخمین سریع از زمان مورد نیاز برای تکمیل آن انجام دادیم و گام های مورد نیاز برای تکمیل کل کار را لیست نکردیم. به طور مختصر، برای این کار برنامه ریزی انجام ندادیم.

۵. چرا برای این کار برنامه ریزی و تحلیل دقیق انجام ندادیم؟

• چون در پروژه های دیگری که در حال اجرا بودند، عقب افتاده بودیم و نیروی برنامه ریزی کننده ی کافی نداشتیم. مشتری ما (واحد عملیاتی XYZ) ما را تحت فشار گذاشته بود تا به سرعت کار را انجام دهیم. بدیهی است که به برنامه ریزی بهتر، شامل تخمین بهتر زمان و گام های مورد نیاز برای انجام کارآمدتر کار نیاز داشتیم.

تحلیل پنج چرا یک ابزار اثربخش برای کشف علل ریشه ای یک مشکل است. به دلیل طبیعت بسیار ساده آن، می توان به سرعت آن را فرا گرفت و روی هر مشکلی اعمال کرد. به خاطر داشته باشید که اگر این روش منجر به یک پاسخ شهودی سریع نشد، ممکن است لازم باشد از تکنیک های دیگر حل مسأله استفاده کنید.

تحلیل علت و معلول (یا نمودار استخوان ماهی)

نمودار استخوان ماهی چیست؟

دکتر کائورو ایشیکاوا^{۲۸}، یک متخصص کنترل کیفیت آماری ژاپنی، نمودار استخوان ماهی را اختراع کرد. این روش به این دلیل استخوان ماهی نام گذاری شد که اغلب شبیه اسکلت یک ماهی به نظر می رسد. نمودار استخوان ماهی یک ابزار تحلیلی است که روش نظام مندی فراهم می کند تا اثرات یک مشکل وعللی که به ایجاد آن اثرات کمک می کند، بررسی شوند. به دلیل این کارکرد نمودار استخوان ماهی، آن را نمودار علت و معلول هم می نامند.

این روش تحلیلی، به هر نامی که نامیده شود، در دسته بندی نظام مند و ساده ی بسیاری از علل بالقوه ی مشکلات و شناسایی علل ریشه ای به ما کمک می کند. معمولاً این تحلیل به صورت تیمی انجام می شود. پس از لیست کردن علل ممکن برای یک مشکل، تیم هر علت را با دقت تحلیل کرده، به نظرات همه ی اعضای تیم در جلسه طوفان فکری^{۲۹} توجه کرده، هر علت را پذیرفته یا رد می کند و در نهایت

²⁸ Dr. Kaoru Ishikawa

²⁹ brainstorming

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

به علت ریشه ای مشکل می رسد. به طور کلی، نمودار استخوان ماهی با ایجاد ابزارهای تجسمی برای تحلیل، به ما درک بهتری از مشکلات پیچیده می دهد.

چه زمانی باید از نمودار استخوان ماهی استفاده کنیم؟

استفاده از نمودار استخوان ماهی در موارد زیر زیر مفید است:

- برای تشویق ایده پردازی در جلسات طوفان فکری
- هنگامی که برای یک مشکل علل بالقوه ی زیادی وجود دارد
- برای بررسی همه ی دلایل ممکن، هنگامی که در یک فرآیند، مشکل یا خرابی ایجاد می شود
- برای بررسی دلایل عدم عملکرد مناسب یا عدم تولید نتایج مطلوب توسط یک دارایی یا فرآیند
- برای تحلیل و پیدا کردن علل ریشه ای یک مشکل پیچیده و درک رابطه بین علل بالقوه
- برای تجزیه کردن مشکلات به قطعات کوچکتر

چه زمانی نباید از نمودار استخوان ماهی استفاده کنیم؟

به طور مسلم، نمودار استخوان ماهی در همه ی وضعیت ها قابل استفاده نیست. در زیر فقط چند مثال از شرایطی آمده است که نباید از نمودار استخوان ماهی استفاده کنیم، زیرا نمودار یا مرتبط با نوع مسأله نیست یا نتایج مورد انتظار را تولید نمی کند:

مشکل ساده است یا از قبل شناخته شده است.

- اندازه تیم برای جلسات طوفان فکری کوچک است.
- مشکل ارتباطی بین اعضای تیم وجود دارد.
- تیم متخصصانی دارد که می توانند هر مشکلی را به راحتی برطرف کنند.

چگونه یک نمودار استخوان ماهی بسازیم؟

پنج مرحله زیر برای ساخت نمودار استخوان ماهی ضروری است:

۱. تعریف مسأله.
۲. طوفان فکری.
۳. شناسایی همه ی علل.
۴. انتخاب هر علتی که ممکن است ریشه مشکل باشد.
۵. توسعه برنامه اقدام اصلاحی برای حذف یا کاهش تأثیر عللی که در مرحله ۴ انتخاب شده اند.

شکل ۱.۱۱- نمودار استخوان ماهی: شکست یک پمپ هیدرولیک

گام نخست به نسبت ساده و سرراست است. مسأله ای را که باید ریشه یابی شود، تعریف کنید. معمولاً مهندس نگهداشت / قابلیت اطمینان یا مدیر فنی، مسأله ای که باید به صورت دائمی رفع شده، ارزش انجام طوفان فکری با تیم دارد را انتخاب می کند.

پس از شناسایی مسأله، رهبر تیم می تواند شروع به ساخت نمودار استخوان ماهی کند. رهبر، مسأله را در یک جعبه مربعی در سمت چپ یک صفحه یا کاغذ تعریف می کند. یک خط مستقیم از سمت راست به جعبه مسأله وصل می شود که دارای پیکانی است که به سمت جعبه کشیده می شود. جعبه مسأله به سر ماهی تبدیل شده، استخوان های آن در مراحل بعدی تکمیل می شوند. شکل ۱.۱۱ نمونه ای از تحلیل یک پمپ هیدرولیک را نشان می دهد. در این مثال، مسأله پمپ هیدرولیکی است که خروجی مورد نظر (روغن با فشار و حجم مشخص) را ایجاد نمی کند.

گام بعدی شناسایی اجزای اصلی و علل احتمالی این شکست است. به عنوان مثال، شکست بیرینگ، شکست موتور، شکست آب بند کننده یا شکست شفت. همه ی علل اصلی شناسایی شده، به عنوان بخش های (استخوان های) نمودار استخوان ماهی متصل می شوند. علل شکست بیرینگ هم در این مثال لیست شده اند. گام بعدی، پالایش کردن علل اصلی به منظور یافتن علل ثانویه و دیگر علل موجود در زیر هر یک از دسته بندی های اصلی است.

در کل، گام های زیر برای ترسیم نمودار استخوان ماهی انجام می شوند:

۱. لیست کردن مسأله / مشکلی که باید بررسی شود در "سر ماهی".

۲. نام گذاری هر "استخوان" از "ماهی". دسته بندی های اصلی عموماً شامل موارد زیر می شوند:

• ۴ام:

روش ها، ماشین آلات، مواد و نیروی انسانی^{۳۰}

• ۴پی:

مکان، رویه، افراد و خط مشی ها^{۳۱}

• ۴اس:

محیط اطراف، تأمین کنندگان، سیستم ها و مهارت ها^{۳۲}

• ۶ام:

³⁰ Methods, Machines, Materials, and Manpower

³¹ Place, Procedure, People, and Policies

³² Surroundings, Suppliers, Systems, and Skills

ماشین، روش، مواد، اندازه گیری، انسان و طبیعت (محیط)^{۳۳}

• ۶ ای پی ام:

تجهیزات/دارایی، فرآیند، افراد، مواد، محیط و مدیریت^{۳۴}.

الف. تیم می تواند یکی از دسته بندی های پیشنهادی بالا را استفاده کند، آنها را به هر شیوه ای ترکیب کند یا به دلخواه، طبقه بندی های دیگری ایجاد کند. دسته بندی ها به سازماندهی ایده ها کمک می کنند. ب. از یک تکنیک تولید ایده (مانند طوفان فکری) برای شناسایی عوامل داخل هر دسته که ممکن است روی مسأله تأثیر بگذارند، استفاده کنید. تیم باید بپرسد: "مشکل و علت و تأثیر آن چیست؟" پ. این رویه را با هر عامل در هر دسته تکرار کنید تا عوامل جدیدی تولید کنید. به طور مداوم بپرسید: "چرا این اتفاق می افتد؟" و بخش های اضافی را در زیر هر عامل قرار دهید. ت. این روند را تا زمانی ادامه دهید که هنگام پرسیدن "چرا این اتفاق می افتد؟" اطلاعات مفیدی دریافت نکنید.

ث. پس از موافقت اعضای تیم با مقدار جزئیاتی که زیر هر دسته بندی اصلی فراهم شده است، نتایج نمودار استخوان ماهی را تحلیل کنید. به عنوان مثال، به دنبال مواردی بگردید که در بیش از یک دسته بندی ظاهر شده اند. این موارد علل دارای بیشترین احتمال هستند. ج. تیم باید در خصوص اولویت آن مواردی که به عنوان علل دارای بیشترین احتمال شناخته شده اند، به اجماع برسد. مورد نخست باید به عنوان علتی که بیشترین احتمال را دارد، لیست شود.

نمونه ای دیگر از نمودار استخوان ماهی در شکل ۲.۱۱ نشان داده شده است. در این مثال، یک تیم تحلیل سعی می کند که مشکل کنترل نامناسب رطوبت در یک خشک کن را تحلیل کند. تیم از پنج عنوان خاص برای ایده پردازی استفاده کرد.

شکل ۲.۱۱- نمودار استخوان ماهی: مشکل کنترل ضعیف رطوبت در خشک کن

شکل ۳.۱۱ نمونه دیگری از نمودار استخوان ماهی است. در اینجا، "تعالی نگهداشت" بیانیه مسأله (نتیجه) است. این نمودار علل را لیست می کند - در این مورد، اقدامات لازم برای دستیابی به تعالی در نگهداشت. باید توجه داشت که مسأله ای که باید حل شود، ممکن است به صورت مثبت هم باشد. ما همیشه فکر می کنیم که یک مسأله معنای منفی دارد. این ابزارها می توانند به هر دو روش استفاده شوند.

³³ Machine, Method, Materials, Measurement, Man, and Mother Nature

³⁴ Equipment/Asset, Process, People, Materials, Environment and Management

شکل ۳.۱۱- اجزای تعالی

گاهی اوقات نمودار استخوان ماهی بسیار بزرگ می‌شود، زیرا ممکن است تیم علل بالقوه ی بسیار زیادی را شناسایی کند. این باعث پیچیده شدن نمودار شده، درک رابطه علل را دشوار می‌کند. یک نمودار استخوان ماهی خوب، نموداری است که همه ی احتمالات یک مسأله را بررسی کرده باشد، ولی برای توسعه برنامه های اقدامات اصلاحی، همچنان به راحتی قابل درک باشد.

تحلیل حالات و اثرات شکست (FMEA)

این ابزار تحلیلی با نام های تحلیل حالات، اثرات و اهمیت شکست (FMECA)^{۳۵} و تحلیل حالات و اثرات بالقوه شکست هم شناخته می‌شود. FMEA یک روش گام به گام برای شناسایی همه ی شکست های ممکن در حین طراحی یک دارایی (محصول) است - در یک فرآیند ساخت یا مونتاژ، در مرحله عملیات و نگهداشت یا در ارائه خدمات.

حالات شکست، روش ها یا حالت هایی هستند که در آنها ممکن است چیزی خراب شود. شکست ها هر خطا یا عیب بالقوه یا واقعی ای هستند که روی مشتری، کاربر یا خود دارایی تأثیر می‌گذارند. اثرات به پیامدهای آن شکست ها اشاره دارد.

شکست ها براساس میزان جدی بودن پیامدهای آنها، فراوانی وقوع آنها و سهولت تشخیص شان اولویت بندی می‌شوند. هدف FMEA این است که اقداماتی برای حذف یا کاهش شکست ها، براساس اولویت آنها، انجام دهد.

FMEA یک ابزار اقتصادی و اثربخش برای پیدا کردن شکست های بالقوه در مراحل اولیه طراحی - توسعه است، زیرا در آن مراحل انجام اقداماتی برای غلبه بر این مشکلات و افزایش قابلیت اطمینان از طریق طراحی ساده تر است. FMEA برای شناسایی حالت های شکست بالقوه و اثرات آن بر عملکرد دارایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ این روش برای توسعه اقدامات PM مؤثر به منظور کاهش پیامدهای شکست هم مفید است. FMEA یک گام مهم در پیش بینی مشکلات احتمالی ای است که ممکن است برای دارایی ها ایجاد شود. اگرچه پیش‌بینی همه ی حالت های شکست ممکن نیست، ولی تیم تحلیل باید تا حد امکان همه حالت های شکست بالقوه را فهرست کند. استفاده از FMEA به صورت پیوسته و در مراحل اولیه فرآیند طراحی، به ما اجازه می‌دهد تا خرابی‌ها را از طریق طراحی حذف کرده، در نتیجه دارایی ها را ایمن تر و قابل اطمینان تر کنیم.

مشاهده شده است که طراحان و مهندسان اغلب از ضریب اطمینان^{۳۶} استفاده می‌کنند تا اطمینان پیدا کنند که طراحی کار خواهد کرد و در صورت خرابی، از دارایی (محصول) و کاربر حفاظت خواهد کرد. در

³⁵ Failure Modes, Effects and Criticality

³⁶ safety factor

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

گذشته، طراحان دارایی ها و سیستم ها در طراحی دارایی ها برای قابلیت اطمینان و کیفیت، خوب عمل نکرده اند. استفاده از یک ضریب اطمینان بزرگ لزوماً به یک دارایی قابل اطمینان منجر نمی شود. در واقع، این کار اغلب منجر به طراحی بیش از حد به همراه مشکلات قابلیت اطمینان می شود.

انواع و کاربرد FMEA ها

چندین نوع FMEA براساس چگونگی و محل استفاده آنها وجود دارد، مانند مرحله طراحی – توسعه، عملیات یا نگهداشت دارایی. FMEA همیشه باید زمانی انجام شود که شکست ها بتوانند صدمه یا آسیب بالقوه ای را برای کاربر (اپراتور) ایجاد کنند، باعث چالش های زیست محیطی یا خرابی دارایی و در نتیجه از دست رفتن تولید شود. FMEA ها را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

- الف. طراحی: روی اجزا و زیرسیستم ها تمرکز می کند
- ب. فرآیند: روی فرآیندهای تولید و مونتاژ تمرکز می کند
- پ. نگهداشت: روی کارکردی دارایی تمرکز می کند
- ت. خدمات: روی کارکردهای خدماتی تمرکز می کند
- ث. نرم افزار: روی کارکردهای نرم افزاری تمرکز می کند

اگرچه هدف، واژگان و جزئیات دیگر می تواند براساس نوع (مانند FMEA فرآیند، FMEA طراحی) متفاوت باشد، ولی روش اساسی همه آنها مشابه است.

شکل ۴.۱۱- گام های FMEA

شکل ۴.۱۱ ترتیب مراحل انجام FMEA را نشان می دهد. توالی معمول گام های انجام FMEA به مجموعه پرسش های زیر پاسخ می دهد:

- ۱- اجزا و کارکردهای آنها چیست؟
- ۲- چه چیزی ممکن است خراب شود؟
- ۳- اثرات آن چیست؟
- ۴- اثرات چقدر بد است؟
- ۵- علل آن چیست؟
- ۶- هر چند وقت ممکن است دچار شکست شوند؟
- ۷- چگونه می توان از این شکست پیشگیری کرد؟

۸- آیا می توان آن را تشخیص داد؟

۹- چه کاری می توان انجام داد؟ چه تغییراتی می توان در طراحی، یا رویه های اجرایی ایجاد کرد؟

استانداردها و راهنماهای منتشر شده

تعدادی راهنما و استاندارد در مورد الزامات و فرمت پیشنهادی گزارش دهی FMEA ها وجود دارد. برخی از استانداردهای کلیدی منتشر شده برای این تحلیل عبارتند از:

- SAE J1739
- AIAG FMEA-3
- MIL-STD-1629A (غیرفعال / لغو شده)

راهنماها و کتابچه راهنمای گروه اقدام صنعت خودروسازی (AIAG)^{۳۷} بسیار شبیه استاندارد - SAE J1739 است. شکل ۱۱.۵ فرمت پیشنهادی SAE / AIAG را برای انجام و گزارش دهی FMEA نشان می دهد.

علاوه بر این، بسیاری از صنایع و سازمان ها، به منظور برآورده کردن الزامات خاص محصولات و فرآیندهای خود، رویه ها و فرمت های FMEA خاص خودشان را توسعه داده اند. شکل ۶.۱۱ نمونه ای از رویکرد یک سازمان دیگر را برای مستندسازی FMEA با استفاده از یک صفحه گسترده ساده نشان می دهد. بخش (الف) عناصر شناسایی حالات شکست و اثرات آن را نشان می دهد، درحالی که بخش (ب) ارزیابی تأثیرات پیشگیری و کاهش شدت حالت ها را نشان می دهد.

بطور کلی، FMEA نیاز به شناسایی اطلاعات پایه زیر دارد:

۱. اجزا - مؤلفه ها
۲. کارکردها
۳. حالات شکست
۴. اثرات شکست
۵. علت شکست

شکل ۱۱.۵- راهنماهای SAE/AIAG در خصوص FMEA

تحلیل حالات و اثرات شکست (FMEA)

³⁷ Automotive Industry Action Group

[illegible]

[illegible]

403
Maintenance and Reliability Best Practices- by: Ramesh Gulati

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

[illegible]

شکل ۶.۱۱- ب - مستندسازی FMEA (ادامه)

حالت شکست	علل شکست
خم شده / چروکیده / آسیب دیده / تغییر شکل یافته	تنظیم / همراستاسازی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

محدود / مسدود / گیر کرده / چسبیده	پیر شدن / فرسایش طبیعی
شکسته / ترک خورده / گسیخته / شکافته	کابل آسیب دیده
سوخته / متورم / کوتاه شده / باز	کالیبراسیون
چفت شده / فرسوده / خراشیده	آلودگی / کثیفی
گرفته / آلوده شده / کثیف	راهبری / برنامه ریزی و زمان بندی
شکست قطعه	در اثر تعمیرات اصلاحی
بریده / برش خورده / جداشده / پاره شده	خوردگی
خالی شده / منبسط شده	قطعه معیوب / تأمین قطعه
فرسوده	در اثر طراحی
ارتعاش اضافی	عدم تطابق با مشخصات فنی
نشانه های شکست متناوب یا بدون نشانه	شرایط محیطی شدید – گرما / سرما
نبود تکیه گاه سازه ای یا تکیه گاه سازه ای ناکافی	عدم پیروی از رویه ها
لقی / گم شدن قطعه	خطای انسانی
نشتی / ریزش	نابالانسی
از دست رفتن برق، گاز و غیره	روانکاری نامناسب یا ناکافی
پارامترهای عملیاتی خارج از محدوده	مواد نامناسب
دمای زیاد / کم	رویه ها / دستورالعمل های نادرست یا ناکافی
فشار زیاد / کم	اتصال لقی
لغزش	در اثر نصب
	در اثر تجهیزات دیگر
	بار بیش از حد / تنش بیش از حد

در اثر PM	
خطای منبع تغذیه	
خطای نرم افزار	
ناشناخته	
شرایط آب و هوایی	
ابزار معیوب	

شکل ۷.۱۱- حالات و علل شکست

۶. احتمال (تواتر) شکست

۷. شدت اثرات

۸. احتمال تشخیص

۹. برنامه کاهش دهنده فعلی

۱۰. اقدامات پیشنهادی

رویه پیاده سازی FMEA

مراحل اصلی انجام یک FMEA در به شرح زیر است:

۱. هدف FMEA را تعیین کرده، اعضای تیم تحلیل را مشخص کنید. تیم تحلیل باید شامل نمایندگانی از ذی نفعان کلیدی مانند طراحی، عملیات، نگهداشت و مواد باشد. اگر FMEA بر پایه طراحی انجام می شود، طراح باید رهبری این تلاش را بر عهده داشته باشد.
۲. دارایی یا فرآیند و کارکردهای آن را شرح دهید. وجود درک خوبی از دارایی یا فرآیند مورد بررسی مهم است، زیرا این درک، فرآیند تحلیل را ساده می کند.
۳. یک نمودار بلوکی از دارایی یا فرآیند ایجاد کنید. در این نمودار، اجزای اصلی یا گام های فرآیند توسط بلوک هایی نمایش داده می شوند که با خطوطی به هم متصل می شوند که نشان می دهد چگونه اجزا یا گام ها با یکدیگر ارتباط دارند. این نمودار روابط منطقی اجزا را نشان داده، ساختاری را برای توسعه FMEA ایجاد می کند. یک سیستم کدگذاری برای شناسایی عناصر سیستم ایجاد کنید.
۴. یک صفحه گسترده یا فرم ایجاد کنید که فهرست اجزا و کارکردهای آنها را نشان می دهد. این لیست باید به روشی منطقی و براساس زیرسیستم و زیرمجموعه ها، بر پایه ی نمودار بلوکی سازماندهی شود.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۵. اجزایی را که ممکن است دچار شکست شوند و چگونگی شکست (حالت های شکست) آنها را شناسایی کنید و دلیل شکست (علت بالقوه) هر جزء را مشخص کنید. یک حالت شکست به عنوان شیوه ای تعریف می شود که در آن قطعه / جزء به طور بالقوه می تواند دچار شکست شود. نمونه هایی از حالت های شکست بالقوه عبارتند از:

- شکسته شدن
- خوردگی
- تغییر شکل
- انسداد / آلودگی
- ارتعاش بیش از حد
- اتصال الکتریکی کوتاه یا باز
- سایش / فرسایش

فهرستی از حالت های شکست پیشنهادی و علت های آن در شکل ۱۱.۷ نشان داده شده است.

۶. یک حالت شکست در یک جزء می تواند علت یک حالت شکست در یک جزء دیگر باشد. حالت های شکست باید برای کارکردهای هر جزء دارایی یا هر گام فرآیند لیست شوند. در این مرحله، باید حالت شکست شناسایی شود، بدون توجه به اینکه آیا احتمال شکست وجود دارد یا نه.

۷. علل هر حالت شکست را مشخص کنید. یک علت شکست می تواند یک ضعف طراحی باشد یا هرگونه عملیات بهره برداری یا نگهداشت که ممکن است منجر به شکست شود. علل بالقوه هر حالت شکست باید شناسایی و ثبت شوند. علت ها باید با واژگان فنی، و نه براساس نشانه هایشان، لیست شوند. نمونه هایی از علل بالقوه عبارتند از:

- اعمال گشتاور نامناسب
- شرایط عملیاتی نامناسب
- خوردگی
- هماهنگی
- مشکلات ناشی از طراحی – استفاده از قطعات نادرست یا مدار کنترل اشتباه
- همراستایی نامناسب
- بارگذاری بیش از حد
- جریان / ولتاژ بیش از حد

۸. مکانیزم های شکستی را شناسایی کنید که باعث یک حالت شکست تصادفی یا استهلاک می شوند.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

۹. اثرات هر یک از حالت‌های شکست را فهرست کنید. اثر شکست به عنوان نتیجه ی یک حالت شکست روی کارکرد قطعه یا فرآیند تعریف می‌شود. نمونه هایی از اثرات شکست عبارتند از:

- صدمه به کاربر – اپراتور
- ایجاد مخاطرات نشست مواد – ریزش و ورود مواد به محیط زیست
- از دست دادن همه یا بخشی از کارکردها
- ایجاد بوهای نامطبوع یا غیر قابل تحمل
- افت عملکرد
- سطح صدای بالا

۱۰. یک رتبه عددی برای شدت اثر تعیین کنید. یک مقیاس استاندارد صنعتی متداول از عدد ۱ برای حالت نداشتن اثر و عدد ۱۰ برای نشان دادن اثر بسیار شدید به همراه تأثیر شکست بر عملکرد و ایمنی سیستم بدون هشدار قبلی، استفاده می‌کند. هدف رتبه‌بندی، کمک به تحلیل گر برای تعیین شدت یک حالت شکست است، به این صورت که آیا حالت شکست، فقط یک مشکل کوچک است یا یک رویداد فاجعه بار. رتبه بندی عددی کمک می‌کند تا طراحان و مهندسان برای رفع مسایل مهم، اثرات شکست را اولویت بندی کنند.

۱۱. عامل احتمال برای هر علت را تخمین بزنید. باید برای هر علت یک وزن عددی تعیین شود که نشان می‌دهد احتمال وقوع آن علت چقدر است. مقیاس استاندارد صنعتی متداول از ۱ برای احتمال نداشتن و ۱۰ برای نشان دادن اجتناب ناپذیری استفاده می‌کند.

۱۲. احتمال اینکه تدابیر کنترلی فعلی در زمان شروع علت شکست، آن را به موقع تشخیص داده، جلوی وقوع آن را بگیرند چقدر است؟

۱۳. عدد اولویت ریسک (RPN)^{۳۸} را محاسبه و ارزیابی کنید. عدد اولویت ریسک، حاصل ضرب عددی رتبه های شدت، احتمال و تشخیص هر یک از علل شکست است:

عدد اولویت ریسک = (شدت) × (احتمال) × (تشخیص).

برای استفاده از روش اولویت بندی ریسک (RPN) در ارزیابی ریسک، تیم تحلیل باید:

- شدت هر اثر شکست را رتبه بندی کند.
 - احتمال وقوع هر علت شکست را رتبه بندی کند.
 - احتمال تشخیص پیش از وقوع هر علت شکست را رتبه بندی کند (به عنوان مثال، احتمال تشخیص مشکل توسط اپراتور یا در حین بازرسی PM پیش از شکست).
- عدد اولویت ریسک با ضرب این سه رتبه محاسبه می‌شود. سپس می‌توان از عدد اولویت ریسک برای مقایسه ریسک های داخل تحلیل و اولویت بندی اقدامات اصلاحی استفاده کرد.

³⁸ Risk Priority Number

۱۴. شیوه های کنونی، از جمله برنامه نگهداشت پیشگیرانه یا کنترل های موجود، را شناسایی کنید. این کنترل ها به منظور پیشگیری از شکست ها یا شناسایی آنها برای اقدامات اصلاحی، پیش از تأثیر گذاشتن روی عملیات انجام می شوند. طراح یا مهندس از تحلیل، پایش، آزمایش و تکنیک های دیگر برای تشخیص شکست ها استفاده می کند. این تکنیک ها باید بررسی شوند تا مشخص شود چقدر احتمال دارد که حالت های شکست را شناسایی کنند یا تشخیص دهند. سپس باید FMEA به روزرسانی شود؛ باید برنامه هایی برای حذف آن شکست ها ایجاد شود. در برخی از کاربردهای FMEA، هزینه از دست دادن کسب و کار، که شامل هزینه از کار افتادگی، هزینه تعمیر شکست و تواتر شکست است، هم محاسبه می شود تا برنامه اقدام اصلاحی اولویت بندی شود.

۱۵. اقدامات پیشنهادی برای مقابله با شکست های بالقوه با RPN بالا را مشخص کنید. این اقدامات می تواند شامل بازرسی های خاص، وظایف PdM / CBM، بهبود عملیات، انتخاب قطعات یا مواد بهتر، محدود کردن تنش های محیطی یا محدوده عملیاتی، بازطراحی قطعه برای اجتناب از حالت شکست، مکانیزم های پایش، تغییر تواتر نگهداشت پیشگیرانه و استفاده از سیستم های پشتیبان یا افزونگی باشد. ۱۶. مسئولیت و یک تاریخ پایان مشخص برای این اقدامات تعیین کنید. این کار باعث شفاف سازی مسئولیت شده، پیگیری را تسهیل می کند.

۱۷. اقدامات انجام شده را پیگیری کرده، ریسک ها را ارزیابی مجدد کنید. پس از انجام اقدامات، شدت، احتمال و تشخیص ریسک را مجدداً ارزیابی کنید؛ سپس RPN های بازنگری شده را بررسی کنید. تعیین کنید که آیا نیاز به اقدامات بیشتری وجود دارد یا خیر. هنگامی که طراحی، فرآیند یا روش ارزیابی تغییر می کند یا اطلاعات جدیدی به دست می آید، FMEA را به روز رسانی کنید.

مزایای FMEA

تحلیل FMEA به طراحان و مهندسان کمک می کند تا قابلیت اطمینان سیستم ها و دارایی ها را بهبود بخشند تا محصولات با کیفیتی تولید کنند. تحلیل FMEA کمک می کند تا از ویژگی های قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت در طراحی دارایی استفاده کنیم تا شکست ها را حذف کرده یا کاهش دهیم و در نتیجه هزینه کلی چرخه عمر را کم کنیم. FMEA، اگر درست اجرا شود، چندین مزیت دارد. این مزایا شامل موارد زیر است:

- شناسایی زودهنگام و حذف حالت های بالقوه شکست دارایی / فرآیند
- اولویت بندی نواقص دارایی / فرآیند
- مستندسازی ریسک و اقداماتی که برای کاهش ریسک انجام می شود
- کمینه کردن تغییرات دیر هنگام و هزینه های مربوط به آنها
- بهبود قابلیت اطمینان و کیفیت دارایی (محصول) / فرآیند
- کاهش هزینه های چرخه عمر

• تسهیل کردن کار تیمی بین طراحی، عملیات و نگهداشت

درخت خطا

یک درخت خطا با شروع از شکست نهایی ساخته می شود. به تدریج هر علتی که منجر به علت قبلی شده است، ردیابی می شود. این کار تا جایی ادامه پیدا می کند که دیگر امکان ردیابی مسیر به عقب نباشد. هر نتیجه ای از یک علت باید به وضوح از پیش نیاز خود جریان پیدا کند. اگر مشخص شود که یک مرحله بین علت ها فراموش شده است، آن را اضافه کرده، دلیل نیاز به آن توضیح داده می شود. وقتی درخت خطا تکمیل و جریان منطقی آن بررسی شد، تیم بررسی تصمیم می گیرد که برای پیشگیری یا شکستن وقوع مجدد دنباله علل و پیامدها چه تغییراتی ایجاد کند. لازم نیست از وقوع علت اولیه یا ریشه ای پیشگیری شود. صرفاً لازم است زنجیره رویدادها در هر نقطه ای شکسته شود تا شکست نهایی نتواند رخ دهد. اغلب، درخت خطا منجر به شناسایی مشکل در طراحی اولیه می شود. در چنین مواردی، باید بازطراحی انجام شود. در صورتی که درخت خطا به شکستی در رویه ها برسد، لازم است یا نقص رویه را برطرف کنیم یا روشی برای حفاظت در برابر آسیب ناشی از شکست رویه پایه گذاری کنیم.

۴.۱۱ ابزارهای شش سیگما و نگهداشت کیفیت

شش سیگما و کیفیت

شش سیگما ابتکاری برای بهبود کیفیت است که به صورت مستقیم بر مبنای مدیریت کیفیت فراگیر (TQM)^{۳۹} توسعه یافته است. این ابتکار از ابزارها و مفاهیمی مشابه TQM استفاده می کند. تأکید و تمرکز اصلی شش سیگما بر کاهش تغییرات فرآیند تا سطوح بسیار پایین است. جک ولش^{۴۰}، مدیر بازنشسته شرکت جنرال الکتریک، برجسته ترین حامی و طرفدار تأثیر گذار شش سیگما بوده است. شرکت‌هایی همچون موتورولا^{۴۱} و الاید سیگنال^{۴۲} از محل های رشد و حامیان این جنبش بوده اند. مایکل هری^{۴۳}، معمار اصلی روش شش سیگما در شرکت موتورولا، یکی از طرفداران پرشور آن است.

³⁹ Total Quality Management

⁴⁰ Jack Welch

⁴¹ Motorola

⁴² Allied Signal

⁴³ Mikel Harry

نام شش سیگما نیاز به توضیح دارد. تصور کنید که ما چپس سبب زمینی تولید و بسته های چپس را هنگام خروج از فرآیند بسته بندی وزن می کنیم. این بسته ها باید ۲۰۰ گرم (حدود ۷ اونس) وزن داشته باشند، ولی وزن واقعی متغیر خواهد بود. اگر وزن بسته ها بیشتر باشد، چپس ها را از دست می دهیم. اگر وزن بسته ها کمتر باشد، از مشتریانمان سوء استفاده کرده ایم. برای تحلیل تغییرات فرآیند، وزن ها را ثبت کرده، از یک برنامه نرم افزاری برای ساختن هیستوگرام توزیع استفاده می کنیم. امیدواریم که مرکز توزیع روی ۲۰۰ گرم بوده، دامنه های بلندی در دو طرف آن نباشد. اگر مشخصات ما برای همه بسته ها بیشتر از ۱۹۰ گرم و کمتر از ۲۱۰ گرم باشد، می توانیم محدوده مشخصات را روی هیستوگرام ترسیم کنیم. هنگام رسم هیستوگرام، متوجه شدیم که یک بسته ۱۸۸ گرم وزن داشته است. به وضوح، وزن این بسته خارج از مشخصات است. اگر آن را به بازار بفرستیم، ممکن است باعث بروز مشکل با مشتریانمان شود. چکار باید بکنیم؟ اگر ۱۰۰۰ بسته را وزن کنیم، انتظار داریم که چند بسته خارج از مشخصات پیدا کنیم؟ برای پیش بینی این مورد، نیاز به ابزارهای آماری داریم. می توانیم میانگین وزن یا وزن متوسط یک بسته چپس سبب زمینی را با استفاده از همه ی بسته هایی که وزن آنها را اندازه گیری کرده ایم، پیدا کرده، انحراف معیار استاندارد را محاسبه کنیم، که به ما ایده ای از مقدار انحراف در اطراف میانگین می دهد. اگر انحراف معیار زیاد باشد، یعنی تغییرات فرآیند بسیار زیاد است. در اینجا شش سیگما به کمک ما می آید. (حرف یونانی سیگما (σ) عموماً برای نمایش انحراف معیار استاندارد در معادلات آماری به کار می رود.) با داشتن داده ای کافی، می توانیم سعی کنیم یک منحنی روی داده ها پیاده کنیم – خطی رسم کنیم که بهترین تقریب از تابع ریاضی است که توضیح می دهد واقعا چه اتفاقی در فرآیند در حال رخ دادن است. بیایید به عنوان مثال یک منحنی نرمال را در نظر بگیریم. اگر هیستوگرام ما بتواند دقیقاً توسط توزیع نرمال توصیف شود، آنگاه وزن ۶۸٪ از بسته هایی که اندازه گیری می کنیم، داخل یک انحراف معیار یا یک سیگما از میانگین وزن خواهند بود. اگر میانگین ۲۰۰ گرم و انحراف معیار ۱۰ گرم باشد، آنگاه ۶۸٪ از بسته ها بین ۱۹۰ تا ۲۱۰ گرم وزن دارند. همچنین، اگر این توزیع نرمال باشد، می توانیم ببینیم که ۹۵/۵٪ بسته ها داخل ۲ سیگما یا ۲۰ گرم از میانگین قرار دارند. اگر ۳ سیگما یا ۳۰ گرم را در نظر بگیریم، خواهیم دید که ۹۹/۷٪ از همه ی بسته ها بین ۱۷۰ گرم و ۳۳۰ گرم وزن دارند. تعداد کمی، فقط ۰/۳٪ از همه ی بسته ها، کمتر از ۱۷۰ گرم یا بیشتر از ۳۳۰ گرم وزن دارند. اگر این اتفاق افتاد، فرآیند ما از محدوده مشخصات ما بازتر است. برخی از بسته ها کمتر از ۱۸۰ گرم و برخی دیگر بیشتر از ۲۲۰ گرم وزن دارند. آیا این مهم است؟ پاسخ آن به محصول یا فرآیند بستگی دارد. اگر ما چیزی را اندازه گیری می کردیم که نیاز به رواداری (تولرانس) های بسته داشت، یا گران قیمت بود یا در شرایطی که دمای یا ترکیبات دقیق مهم بود، نمی خواستیم مواردی را پیدا کنیم که فرآیند ما خروجی هایی خارج از محدوده مشخصات تولید کند. در این مورد، باید تغییرات فرآیند را کاهش دهیم. در مثال بالا، اگر بتوانیم تغییرات فرآیند را کنترل کرده، سیگما (σ) را به عنوان مثال به ۳ گرم کاهش دهیم، می توانیم مطمئن باشیم که در ۹۹/۷٪ مواقع الزامات مشخصات را برآورده کرده، حتی فراتر از آن هم می رویم (۲۰۰ گرم، ± 10 گرم).

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

جنبش کیفیت شش سیگما تغییرات فرآیند را بسیار جدی می گیرد. در واقع، طرفداران شش سیگما باور دارند که برای هر فرآیندی باید از کنترل شش سیگما بین میانگین و محدوده مشخصات استفاده شود، به گونه ای که فرآیند تنها چند نتیجه بد (۳/۴) را در هر میلیون تولید کند. البته، با ساده سازی مشخصات، می توانیم الزامات شش سیگما را برآورده کنیم، ولی این راه عموماً راه درستی برای جلب رضایت مشتریان نیست. بلکه، تغییرات در فرآیند باید به سمت صفر حرکت داده شود، به گونه ای که هیستوگرام باریک تر شده، راحت تر داخل محدوده مشخصات قرار گیرد.

روش های شش سیگما جدید نیستند. آنها عناصر کنترل کیفیت آماری، تفکر نوین و دانش مدیریت را با هم ترکیب می کنند – همه رشته هایی که ارزشمند و قدرتمند هستند. استفاده از ابزارهای کیفیت و بهبود فرآیند می تواند در دستیابی به نتایج عالی مفید باشد.

هسته شش سیگما و پیاده سازی آن

همانطور که قبلاً بحث کردیم، شش سیگما یک مفهوم آماری است که یک فرآیند را برحسب عیوب آن سنجش می کند. دستیابی به شش سیگما به این معنی است که فرآیند تنها ۳/۴ عیب در هر میلیون فرصت (DPMO) تولید می کند. به این ترتیب، یعنی فرآیند تقریباً کامل کار می کند. یک سیگما به معنی ۶۹۱،۴۶۲ عیب در هر میلیون فرصت است که درصد خروجی خوب (بدون عیب) تنها ۳۰/۸۵٪ است. این عملکرد فرآیند واقعاً بسیار ضعیف است. شکل ۸.۱۱ سطح شش سیگما، DPMO و درصد خروجی کیفیت را نشان می دهد.

سطح سیگما	عیوب در هر میلیون فرصت - DPMO ⁴⁴	سطح کیفیت - %
۱	۶۹۱۴۶۲	۳۰/۸۵
۲	۳۰۸۵۳۷	۶۹/۱۵
۳	۶۶۸۰۷	۹۳/۳۲
۴	۶۲۱۰	۹۹/۳۸
۵	۲۳۳	۹۹/۹۹۳

⁴⁴ Defects per Million Opprt's

۹۹/۹۹۹۹	۳/۴ (کلاس جهانی)	۶

شکل ۸.۱۱- نمودار شش سیگما

برای داشتن درک خوبی از شش سیگما و مفهوم DPMO، بیایید شرایط گم کردن چمدان ها در فرودگاه را در نظر بگیریم. بسیاری از ما تجربه نگرانی هنگام تماشای نوار نقاله چمدان در فرودگاه را داریم که به آرامی می چرخد، در حالی که ما منتظر باری هستیم که هیچ گاه به دستمان نمی رسد. قابلیت حمل و نقل چمدان در بسیاری از شرکت های هواپیمایی حدود سطح سه یا چهار از شش سیگما است. بیایید فرض کنیم مقدار آن سه است. این بدان معنی است که برای هر میلیون جابجایی چمدان، حدود ۶۶،۰۰۰ عیب وجود دارد. این مقدار معادل حدود ۹۳٪ احتمال این است که ما به چمدان هایمان در همان پرواز خواهیم رسید. هفت درصد از ما چمدان هایمان را دریافت نمی کنیم. اگر سطح کیفیت چهار باشد، هنوز هم حداقل یک نفر چمدان هایش را دریافت نمی کند. این عیوب هزینه های شرکت های هواپیمایی را افزایش می دهد، زیرا کارکنان شرکت باید با بارهای گم شده و مسافران بسیار ناراحت مواجه شوند. این عیوب (بارهای گم شده) می تواند باعث از دست دادن کسب و کار در آینده شود. به طور مشابه، در فرآیند تولید / نگهداشت هم این عیوب مانع برآورده کردن به موقع نیازهای مشتریان شده، هزینه ها را افزایش می دهند. انحراف ها، تغییرات، عیوب یا اتلاف ها، هر نامی که بخواهیم روی آن بگذاریم، نتیجه نهایی همان است. یعنی هزینه دارد. در هر کسب و کاری که فعال هستیم — توزیع، تولید، صنعت فرآیندی یا خدمات — هرگونه عیوب یا اتلاف پنهان در هر یک از فرآیندهای ما، روی سود و زیان ما تأثیر خواهد گذاشت. برای به دست آوردن یک دید دقیق از فرآیندهای بحرانی، باید محدوده های تغییرات را درک کنیم. علل ریشه ای تغییرات بررسی شده، چرخه کلاسیک PDCA⁴⁵ (برنامه ریزی، اجرا، کنترل و اقدام) دمینگ⁴⁶ استفاده می شود تا بهبودها را برنامه ریزی، پیاده سازی و تست کرده، عملکرد آنها را ارزیابی کنیم و اگر عملکرد خوبی داشتند، آنها را استانداردسازی کنیم. با این حال، برای حل مسأله در شش سیگما، چرخه PDCA کمی تغییر یافته، یک روش پنج مرحله ای به نام DMAIC ایجاد شده است. DMAIC پنج مرحله در روش شش سیگما را نشان می دهد:

• D – تعریف⁴⁷

• M – اندازه گیری⁴⁸

• A – تحلیل⁴⁹

⁴⁵ Plan, Do, Check, Act

⁴⁶ Deming

⁴⁷ Define

⁴⁸ Measure

⁴⁹ Analyze

- I – بهبود⁵⁰
- C – کنترل⁵¹

روش DMAIC شامل انجام مراحل مورد نیاز به ترتیب است. رد شدن از یک مرحله یا پرش از یک مرحله به مرحله دیگر، نتایج مطلوب را ایجاد نخواهد کرد. این روش یک فرآیند ساختاریافته برای حل مسایل با پیاده سازی و پی گیری مناسب است. هر مرحله به موارد زیر نیاز دارد:

مرحله تعریف (D)

- شناسایی مسایل.
- ایجاد یک پروژه برای مبارزه با یک یا چند مشکل.
- تعریف پارامترهای (مرزها) پروژه.
- تعیین عوامل حیاتی که باید اندازه گیری، تحلیل، بهبود و کنترل شوند.

مرحله اندازه گیری (M)

- انتخاب ویژگی های حیاتی برای کیفیت (CTQ)⁵² در فرآیند / محصول، مانند Y CTQ، که Y ممکن است هزینه نگهداشت اصلاحی یک دارایی یا سیستم، زمان از کار افتادگی و غیره باشد.
- تعریف استاندارد عملکرد برای Y – هدف مطلوب برای دستیابی چیست؟
- تعیین و اعتبارسنجی فرآیند اندازه گیری Y.

مرحله تحلیل (A)

- تعیین اهداف بهبود برای Y.
- تعریف و شناسایی منابع (X ها) یی که باعث تغییرات در Y می شوند.
- بررسی / مرتب سازی منابع بالقوه برای تغییر در Y.
- شناسایی منابع حیاتی (X هایی) که تغییرات یا عیوب را ایجاد می کنند.

مرحله بهبود (I)

⁵⁰ Improve

⁵¹ Control

⁵² Critical to Quality

- تعیین روابط متغیر بین عوامل حیاتی (X ها).
- تعیین محدوده عملیاتی برای X های حیاتی.
- صحنه گذاری برنامه اندازه گیری برای X ها.

مرحله کنترل (C)

- ایجاد برنامه ای برای کنترل X های حیاتی.
- پیاده سازی برنامه – کنترل X های حیاتی در فرآیند.
- مرور داده ها براساس برنامه.
- انجام تغییرات لازم تا فرآیند تحت کنترل و پایدار شود.

تحلیل پارتو – اصول ۸۰/۲۰

نمودار پارتو یک نمودار میله ای است که اطلاعات را به گونه ای مرتب می کند که اولویت های بهبود فرآیند به راحتی مشخص شوند. این ابزار برای تصویرسازی اصل پارتو استفاده می شود که بیان می کند یک مجموعه کوچک از مشکلات، "تعداد اندک ولی مهم"، که روی نتیجه مشترکی تأثیر می گذارند، تمایل دارند که بیشتر از باقی آنها رخ دهند. به عبارت دیگر، ۸۰٪ از اثرات (شکست ها) توسط ۲۰٪ از علل (دارایی ها / قطعات) ایجاد می شوند. نمودار پارتو می تواند برای تعیین زیرمجموعه ای از مشکلات که باید اول حل شوند، یا مشکلاتی که باید بیشترین توجه را دریافت کنند، استفاده شود. نمودارهای پارتو اغلب برای ارائه مقایسه ای بین پیش و پس از تأثیر اقدامات بهبود تهیه می شوند. به طور کلی، یک ابزار بهینه سازی منابع است که به کمک آن می توان روی مسایل حیاتی ولی اندک تمرکز کرد تا با منابع محدود، دستاوردها را بیشینه کنیم.

نمودار پارتو برای نشان دادن وقوع مشکلات یا عیوب به ترتیب نزولی استفاده می شود. این ابزار هم در فرآیند توسعه و هم در هنگام استفاده از اجزا یا محصولات قابل استفاده است. این نمودار می تواند نشان دهد کدام دارایی ها در یک ناحیه خاص، بیشتر دچار شکست می شوند یا چه نوع قطعاتی بیشتر از دیگران با شکست مواجه می شوند. شکل ۹.۱۱ نمونه ای از نمودار پارتو برای یک سیستم کمپرسور با اجزای آن و تاریخچه شکست را نشان می دهد.

نمودارهای پارتو یک ابزار بهبود کلیدی هستند، زیرا به ما کمک می کنند الگوها و علل بالقوه یک مشکل را شناسایی کنیم. یکی از ترفندهایی که اغلب از آن غافل می شویم، تهیه چند نمودار پارتو از یک مجموعه داده است. انجام این کار به شما کمک می کند تا به سرعت چندین عاملی که ممکن است در یک مشکل سهیم باشند را بررسی کرده، روی آنهایی که بیشترین پتانسیل بازگشت سرمایه را دارند تمرکز کنید.

شکل ۱۱/۹- نمودار پارتو برای یک سیستم کمپرسور

تاریخچه پارتو - از کجا می آید؟

اصل پارتو یا اصل ۲۰/۸۰، برای نخستین بار در سال ۱۹۰۶ توسط اقتصاددان ایتالیایی ویلفردو پارتو^{۵۳} توسعه داده شد. او توزیع نابرابر ثروت و قدرت را در بخش نسبتاً کوچکی از کل جمعیت مشاهده کرد. کشف او از آن پس با نام های گوناگونی مانند اصول پارتو، قوانین پارتو، قانون یا اصل ۲۰/۸۰، اصل حداقل تلاش و اصل عدم تعادل شناخته شده است. اصل ۲۰/۸۰ بیان می کند که بین علل و نتایج، ورودی ها و خروجی ها و تلاش ها و پاداش ها یک عدم تعادل داخلی وجود دارد. این عدم تعادل با نسبت ۸۰ به ۲۰ نشان داده می شود. بسیاری از کاربردهای اصل ۲۰/۸۰ در فضای کسب و کار اعتبارسنجی شده اند. به عنوان مثال، ۲۰٪ از محصولات معمولاً حدود ۸۰٪ از ارزش فروش شرکت را تشکیل می دهند. همین موضوع برای ۲۰٪ از مشتریان هم صادق است که حدود ۸۰٪ از ارزش خرید از شرکت را انجام می دهند. به نوبه خود، ۲۰٪ از محصولات یا مشتریان هم معمولاً مسئول حدود ۸۰٪ از سود سازمان هستند.

دکتر جوزف ام. جوران^{۵۴}، متخصص برجسته جهانی کیفیت، مشاهدات اقتصادی پارتو را در کاربردهای کسب و کاری استفاده کرد. دکتر جوران مشاهده کرد که ۲۰٪ از عیوب، ۸۰٪ مشکلات را ایجاد می کنند. مدیران پروژه می دانند که ۲۰٪ کار (۱۰٪ اول و ۱۰٪ آخر) ۸۰٪ از زمان و منابع را به خود اختصاص می دهد. ما می توانیم اصل ۲۰/۸۰ را تقریباً در همه جا، از علم مدیریت تا دنیای فیزیک، به کار ببریم. تحلیل پارتو در مدیریت موجودی هم از طریق رویکردی به نام طبقه بندی ABC استفاده می شود، که در فصل ۵ بحث شد.

مثالی از اصل پارتو

به طور کلی، اصل پارتو یک مشاهده است، نه قانون و بیان می کند که بیشتر چیزها در زندگی به صورت یکنواخت توزیع نمی شوند. این اصل می تواند شامل همه ی موارد زیر باشد:

- ۲۰٪ مشکلات فرآیند باعث ۸۰٪ عیوب می شوند
- ۲۰٪ دارایی ها باعث ۸۰٪ شکست می شوند
- ۲۰٪ شکست ها ۸۰٪ بودجه نگهداشت اصلاحی را مصرف می کنند
- ۲۰٪ ورودی، ۸۰٪ نتیجه را ایجاد می کند
- ۲۰٪ مجرمان، ۸۰٪ ارزش همه جرایم را تشکیل می دهند

⁵³ Vilfredo Pareto

⁵⁴ Dr. Joseph M. Juran

• ۲۰٪ رانندگان، ۸۰٪ تصادفات رانندگی را ایجاد می کنند

• و غیره...

باید توجه داشت که این اعداد لزوماً نباید دقیقاً ۲۰٪ و ۸۰٪ باشند. نکته کلیدی این است که بیشتر چیزها در زندگی، تلاش، پاداش، خروجی و غیره به صورت یکنواخت توزیع نمی شوند؛ برخی ها بیشتر از دیگران از آنها سهم می برند. عدد ۲۰٪ می تواند هر عددی در بازه ۱۰ تا ۳۰٪ باشد؛ به طور مشابه، ۸۰٪ هم می تواند ۶۰-۹۰٪ باشد. آنچه که ما باید به خاطر بسپاریم این است که: ۲۰ درصد معدود مهم هستند و بقیه اهمیت کمتری دارند. بنابراین، ۲۰ درصد دارایی ها می توانند ۶۰، ۸۰ یا ۹۰٪ شکست ها را ایجاد کنند. تحلیل پارتو به ما کمک می کند تا منابع را برای بیشینه کردن سود، اولویت بندی و متمرکز کنیم.

شکل ۱۰.۱۱ یک مثال از تحلیل پارتو از دارایی های یک کارخانه را نشان می دهد.

ارزش اصل پارتو در این است که به ما یادآوری می کند که روی ۲۰ درصد مهم تمرکز کنیم. تنها ۲۰ درصد از کارهایی که در طول روز انجام می دهیم، واقعاً مهم هستند؛ آنها ۸۰ درصد سود ما را ایجاد می کنند. این فعالیت ها را باید شناسایی و روی آنها تأکید کرد.

شکل ۱۰.۱۱ - تحلیل پارتوی تجهیزات یک کارخانه

۵.۱۱ ابزارهای نگهداشت ناب^{۵۵}

"ناب" یک کلیدواژه جدید است. واژه هایی مانند تولید ناب، ساخت ناب، نگهداشت ناب، مدیریت ناب، شرکت ناب و تفکر ناب در سال های اخیر در ادبیات صنعتی مطرح شده اند. ولی "ناب" به چه معناست؟ واژه ی "ناب" در انگلیسی به معنای لاغر، باریک و سبک است. همه ی ما برای اینکه سالم بمانیم، نیاز داریم که لاغر باشیم. از شر چربی - یعنی ضایعاتی که با خود حمل می کنیم - خلاص شویم. به طور مشابه، در محیط کارمان، برای سالم ماندن و بقا در محیط رقابتی امروزی، باید کاراً و اثربخش (به عبارت دیگر، ناب) باشیم. استفاده مناسب از ابزارها برای کاراً و اثربخش بودن، و در نهایت ایجاد ارزش برای مشتریانمان ضروری است. در واقع، بسیاری از افراد متخصص و نویسندگان، همان ماترا^{۵۶} را پیشنهاد می دهند: از شر ضایعات خلاص شوید.

⁵⁵ Lean

⁵⁶ mantra

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

به عنوان مثال، کوین اس. اسمیت^{۵۷}، رییس شرکت تی پی جی پروداکتیویتی^{۵۸}، می گوید: "ناب یک مفهوم، یک اسلوب، یک روش کار است؛ هر فعالیتی که ضایعات موجود در هر فرآیند کسب و کار را کاهش دهد، ناب است."

جیمز پی. ومک^{۵۹} و دانیل تی. جونز^{۶۰} در کتاب مشهور خود به نام "تفکر ناب"^{۶۱}، می نویسند که نقطه شروع مهم برای تفکر ناب، ارزش است. ارزش فقط می تواند توسط مشتری نهایی تعریف شود. ارزش زمانی معنی پیدا می کند که به صورت یک محصول خاص (کالا یا خدمت و اغلب هر دو به صورت همزمان) بیان شود که نیازهای مشتری را با قیمت مشخص و در زمان مشخص برآورده می کند.

پیش زمینه ناب

فلسفه ناب یا تفکر ناب، جدید نیست. در اوایل قرن بیستم، هنری فورد، بنیانگذار شرکت فورد موتور، تفکر ناب را پیاده سازی کرد. البته در آن زمان او از واژه ناب استفاده نکرده بود.

جان کرافسیک^{۶۲}، پژوهشگر دانشگاه MIT در اواخر دهه ۱۹۸۰، هنگامی که در یک مطالعه درباره راهکارهای برتر در تولید خودرو حضور داشت، واژه ساخت ناب^{۶۳} را ابداع کرد. این مطالعه در MIT، روش توسعه یافته در شرکت خودروبی ژاپنی تویوتا تحت رهبری مهندس تولید تاییچی اونو^{۶۴} را بررسی کرده بود، که بعدها به عنوان پدر سیستم تولید تویوتا یا TPS^{۶۵} شناخته شد؛ این سیستم، مدلی از یک سیستم ناب بود. در پایان جنگ جهانی دوم، که تویوتا نیازمند بهبود تصویر برند و سهم بازار بود، اونو برای الهام گرفتن به کتاب کلاسیک هنری فورد به نام /مروز و فرد/^{۶۶} مراجعه کرد. یکی از اصول راهنمای فورد، حذف ضایعات بود.

اونو به عنوان کسی شناخته می شود که اصول تولید ناب را توسعه داد. فلسفه او، که بر حذف ضایعات و توانمندسازی نیروی کار تمرکز داشت، موجب کاهش موجودی و بهبود بهره وری شد. به جای نگهداشتن منابع، در انتظار آنچه ممکن است در آینده برای تولید لازم باشد، مانند آنچه هنری فورد با خط تولید خود انجام داد، تیم مدیریت تویوتا شراکتی با تأمین کنندگان ایجاد کرد. در واقع، به واسطه ی رهبری اونو، خودروهای تویوتا به صورت سفارشی ساخته می شدند. با بیشینه سازی استفاده از کارکنان چند مهارتی، شرکت توانست ساختار مدیریتی خود را مسطح کند و منابع را به صورت انعطاف پذیر اختصاص دهد. به

⁵⁷ Kevin S. Smith

⁵⁸ TPG Productivity

⁵⁹ James P. Womack

⁶⁰ Daniel T. Jones

⁶¹ Lean Thinking

⁶² John Krafcik

⁶³ Lean Manufacturing

⁶⁴ Taiichi Ohno

⁶⁵ Toyota Production System

⁶⁶ Today and Tomorrow

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

دلیل این موضوع، تویوتا قادر به ایجاد تغییرات سریع بود؛ آنها اغلب قادر بودند سریع تر از رقبای خود به نیازهای بازار پاسخ دهند.

برای نشان دادن تفکر ناب، شینگو شینگو⁶⁷، یکی دیگر از متخصصان ناب و کیفیت ژاپنی، مشاهده کرد که فقط آخرین دور یک پیچ آن را سفت می کند - بقیه کار فقط حرکت پیچ است. این دیدگاه نسبت به ضایعات، برای برقراری تمایز بین فعالیت با ارزش افزوده، ضایعات و کار بدون ارزش افزوده، کلیدی است. کار بدون ارزش افزوده، ضایعاتی است که باید حذف شود. اونو سه نوع عمده از ضایعات را تعریف کرد: موری، مورا و مودا. اینها سه کلمه ژاپنی کلیدی در واژگان ناب هستند.

۱. موری: بار بیش از حد

۲. مورا: غیریکنواختی

۳. مودا: ضایعات، کار بدون ارزش افزوده

موری، همه ی کارهای غیرمنطقی است که یک سازمان روی نیروی کار و ماشین آلاتش تحمیل می کند و دلیل آن طراحی سازمانی ضعیف، مانند حمل بارهای سنگین، جابجایی های غیرضروری، وظایف خطرناک، حتی کار کردن با سرعت بسیار بیشتر از معمول است. این کار به معنای فشار وارد کردن به یک شخص یا ماشین فراتر از حدود طبیعی آن است. این کار ممکن است صرفاً درخواست عملکرد بالاتر از یک فرآیند باشد، نسبت به آنچه که بدون میانبر زدن و تغییر دادن غیررسمی معیارهای طراحی امکان پذیر باشد. کار غیرمنطقی تقریباً همیشه یک علت تغییرات چندگانه است.

مورا یک واژه سنتی ژاپنی برای غیریکنواختی و ناپایداری در ماده فیزیکی یا شرایط روحی انسان است. برای حذف مورا می توان از سیستم های JIT⁶⁸ که براساس موجودی کم یا نداشتن موجودی است، با تأمین فرآیند تولید با قطعات درست، در زمان مناسب، به مقدار مناسب و جریان موجودی اولین خروجی از اولین ورودی (FIFO)⁶⁹ استفاده کرد. سیستم های JIT یک "سیستم کششی" ایجاد می کنند که در آن هر زیرفرآیند نیاز خود را از زیرفرآیندهای قبلی و در نهایت از تأمین کننده خارجی برداشت می کند. هنگامی که فرآیند قبلی درخواست برداشتی دریافت نمی کند، قطعات بیشتری تولید نمی کند. این نوع سیستم برای پیشینه سازی بهره وری با کمینه سازی انبارش بالاسری طراحی شده است.

مودا یک واژه سنتی ژاپنی برای فعالیت های ضایعاتی و بدون ارزش یا غیربهره ور است.

هفت مودای اصلی عبارتند از:

⁶⁷ Shigeo Shingo

⁶⁸ Just-In-Time

⁶⁹ first-in, first-out

۱. **حمل و نقل.** جابجایی مواد و قطعاتی که در واقع برای فرآیند لازم نیستند.
۲. **موجودی.** هیچ موجودی اضافی نباید در سیستم باشد. همه قطعات، کالاهای در حال ساخت و محصولات تمام شده ای که در حال فرآوری نیستند، ضایعات هستند.
۳. **حرکت.** افراد یا تجهیزاتی که بیش از حد نیاز برای انجام کار جابجا شده یا حرکت می کنند، ضایعات هستند.
۴. **انتظار.** انتظار برای مرحله یا فعالیت بعدی. زمانی که به طور اثربخشی استفاده نمی شود، ضایعات است.
۵. **تولید بیش از حد.** تولید بیش از تقاضا یا نیاز.
۶. **فرآوری نامناسب.** فقط آنچه را لازم است و هنگامی که مورد نیاز است، با فرآیندها و دارایی هایی که به خوبی طراحی شده اند تولید کنید.
۷. **عیوب.** ساده ترین نوع ضایعات شامل قطعات یا محصولاتی است که با مشخصات مطابقت ندارند. آنها منجر به بازرسی های اضافی و عیوبی می شوند که باید اصلاح شوند.

در ابتدا، موری روی آماده سازی و برنامه ریزی فرآیند، یا کاری که می توان با طراحی به صورت پیش کنشی از آن اجتناب کرد، تمرکز دارد. سپس مورا روی چگونگی پیاده سازی طراحی کار و حذف نوسان در سطح برنامه ریزی یا عملیات، مانند کیفیت و حجم، تمرکز دارد. سپس مواد، پس از اینکه فرآیند وجود داشت، شناسایی و با آن برخورد می شود. مواد را از طریق تغییرات در خروجی می توان مشاهده کرد. بررسی مواد در فرآیندها و حذف علل عمیق تر، با در نظر گرفتن ارتباطات با موری و مورای سیستم، وظیفه مدیریت است. ناهماهنگی مواد و مورا باید به موری یا مرحله برنامه ریزی برای پروژه بعدی بازخورد داده شود.

ناب نیازمند استفاده از مجموعه ابزارهایی است که به شناسایی و حذف پایدار ضایعات کمک کنند. مثال هایی از چنین ابزارهایی عبارتند از طوفان فکری، تحلیل علت و معلول، پنج اس، کانبان^{۷۰} (سیستم کششی)، پوکایوکه (خطاناپذیر سازی)، تحلیل پارتو و نگاشت جریان ارزش.

نگهداشت ناب

درباره مفاهیم ناب در تولید بسیار نوشته و صحبت شده است، ولی نگهداشت ناب چگونه است؟ آیا فقط زیرمجموعه ساخت ناب است؟ آیا یک اقتباس طبیعی از شیوه های ساخت ناب است؟ نگهداشت ناب نه زیرمجموعه و نه یک ایده اقتباسی است. به جای آن، پیشنهاد موفقیت به عنوان یک سازمان ناب است. آیا می توانیم تصور کنیم که مفاهیم JIT ناب بدون داشتن دارایی های قابل اطمینان و شیوه های نگهداشت خوب، کار کنند؟ البته، می خواهیم که نگهداشت ناب باشد، یعنی کاراً و اثربخش و بدون ضایعات باشد.

⁷⁰ Kanban

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

نگهداشت ناب هیچ ارتباطی با کاهش منابع نگهداشت ندارد. بلکه، این مفهوم با افزایش ماهیت ارزش افزوده تلاش‌های نگهداشت و قابلیت اطمینان به دست می‌آید.

در نگهداشت، مشتریان ما به طور ذاتی داخل سازمان ما هستند – آنها واحدهای عملیات / تولید ما هستند. یکی از مسؤولیت‌های اصلی نگهداشت، تأمین ظرفیت کارخانه برای مشتریانش است. بیایید با یک حقیقت بنیادین مواجه شویم: ما نمی‌توانیم بدون داشتن دارایی‌ها و ماشین آلات قابل اطمینان، در ساخت ناب موفق باشیم. نگهداشت ناب به معنای انجام دادن اقدامات اصلاحی یا پیشگیرانه ناب (کمتر) مربوط نیست. این مفهوم درباره تسهیل یک برنامه نگهداشت ضعیف هم نیست. مشتریان نگهداشت انتظار دارند برنامه های نگهداشت و قابلیت اطمینان بهینه شده باشند، اثربخش و کارآ باشند و به طور کامل و قابل اطمینان از نیازهای عملیاتی در ظرفیت طراحی یا مورد نیاز پشتیبانی کنند.

اغلب فعالیت های نگهداشت حول سیستم ها و فرآیندهایی می‌چرخند که افراد، مواد و ماشین ها را با هم جابجا می‌کنند، مانند برنامه های نگهداشت پیشگیرانه، برنامه های نگهداشت پیش بینانه، برنامه ریزی و زمان بندی، سیستم های مدیریت نگهداشت کامپیوتری و سیستم های انبار و دستور کار. ما باید اصول ناب را روی این برنامه ها و فرآیندهای نگهداشت پیاده کنیم تا فعالیت های بدون ارزش افزوده را حذف کنیم.

باید با انجام نگاشت جریان ارزش برای فرآیندهای کلیدی نگهداشت، فعالیت های بدون ارزش افزوده شناسایی شوند. نگاشت جریان ارزش، یک راهکار برتر برای خلق حالت های فعلی و آینده فرآیندهای نگهداشت خواهد بود، تا برنامه ای برای کاهش و حذف فعالیت های بی فایده توسعه داده شود. در توسعه نگاشت های جریان فعلی و جریان آینده فرآیندهای نگهداشت، باید مهارت ها و دانش کارکنان نگهداشت خود را هم ارزیابی کنیم. شخصی با مهارت ضعیف که در یک سیستم عالی کار می‌کند، نتایج ضعیفی را تولید خواهد کرد. به همین ترتیب، اگر برنامه نگهداشت پیشگیرانه خوبی داشته باشیم، ولی PM های ما ساختار و طراحی ضعیفی داشته باشند، PM ها به نتایج ضعیفی خواهند رسید. بنابراین، باید PM را با استفاده از ابزارهایی مانند FMEA و RCM بهینه سازی کنیم تا شروع تازه ای به تلاش هایمان ببخشیم. پیگیری بی وقفه حذف ضایعات، جوهره نگهداشت ناب است. ضایعات را با درک هفت نوع ضایعاتی که قبلاً در ارتباط با نگهداشت در مورد آنها بحث شد، حذف کنید. محل وجود ضایعات را مشخص و آنها را حذف کنید. به عنوان مثال:

۱. حمل و نقل. برای کاهش تعداد مراجعه های اضافی به انبار برای جستجوی قطعات صحیح،

برنامه ریزی و تأمین مواد و ابزارها را انجام دهید.

۲. موجودی. موجودی اضافی در سیستم را حذف یا کمینه کنید. فقط مواد / قطعات / ابزارهای صحیح را در انبار نگهداری کنید.

۳. حرکت. با بهبود برنامه ریزی، جابجایی افراد را کمینه کنید.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۴. **انتظار.** با بهبود برنامه ریزی و زمان بندی، مدت انتظار برای گام بعدی – یک فرد ماهر دیگر یا قطعه دیگر را کمینه کنید.

۵. **تولید بیش از حد.** PM های بهینه سازی شده بر مبنای FMEA و RCM را توسعه دهید. برای کاهش شکست ها تحلیل علت ریشه ای انجام دهید و غیره.

۶. **فرآوری نامناسب.** از ابزارها و فیکسچرهای مناسب برای بهبود فرآیندهای نگهداشت استفاده کنید.

۷. **عیوب.** دوباره کاری و کیفیت ضعیف کار نیروی انسانی را حذف کنید. تعلیم / آموزش مناسب برای پرسنل نگهداشت فراهم کنید.

بیشتر سازمان ها، حتی بدون اعلام علنی تلاش برای پیاده سازی نگهداشت ناب، ممکن است در واقع مشغول فعالیتی باشند که آنها را به نگهداشت ناب می رساند. به عنوان مثال، TPM و ناب ویژگی های مشترک فراوانی دارند. استانداردسازی، 5S و خطاناپذیر سازی تنها چند نمونه از آنها هستند. مهم تر از آن این است که TPM می پذیرد که اپراتور به اندازه کارکنان نگهداشت مسؤول قابلیت اطمینان دارایی هست. یکی از اهداف کلیدی TPM حذف شش اتلاف اصلی است: خرابی، راه اندازی و تنظیمات، بیکاری و توقف های کوچک، عملکرد با سرعت پایین تر، عیوب و بازدهی کمتر. ما برای کاهش این اتلاف ها از CMMS، دستور کارها، برنامه ریزی و زمان بندی و دیگر ابزارهای سیستمی استفاده می کنیم. چالش ما در آینده، شناسایی فعالیت هایی است که به نگهداشت و قابلیت اطمینان ارزشی اضافه نمی کنند. از این ابزارها برای تحلیل مشکلات (ضایعات در سیستم)، توسعه راهکارهای دارای ارزش افزوده و پیاده سازی روش هایی که قبلاً در این کتاب بحث شده اند، استفاده کنید تا به یک سازمان ناب لازم تبدیل شوید.

نگاشت جریان ارزش (VSM)

فرآیندها، هم تولیدی و هم خدماتی، را می توان با یک رودخانه مقایسه کرد. آنها به طور طبیعی در یک جهت جریان پیدا کرده، مواد (محصولات و اطلاعات) را با خود از یک نقطه به نقطه دیگر حمل می کنند. حالا تصور کنید که رودخانه چه چیزهایی را با خود حمل می کند. رودخانه علاوه بر عناصر دارای ارزش افزوده مانند آب و ماهی، عناصر دیگری را هم حمل می کند که ممکن است هیچ ارزشی اضافه نکنند، یا حتی به آن آسیب بزنند. به طور مشابه، فرآیندهای ما هم فعالیت های بدون ارزش افزوده و بی فایده زیادی دارند که باید شناسایی و حذف شوند. نگاشت جریان ارزش، ضایعات را شناسایی و جریان مواد و اطلاعات در فرآیندها و سازمان ها را تسهیل کرده، باعث افزایش بهره وری می شود. VSM ابزاری است که عموماً در برنامه های بهبود مستمر استفاده شده، به درک و بهبود جریان مواد و اطلاعات داخل فرآیندها و سازمان ها کمک می کند. به عنوان بخشی از روش ناب، VSM مسایل فعلی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

را تشخیص داده، یک تصویر واقعی از کل فرآیند از ابتدا تا انتها، به شیوه ای قابل فهم، ارائه می‌دهد. برای برخی، VSM ابزاری است که با استفاده از کاغذ و مداد به ما کمک می‌کند تا جریان اطلاعات و مواد را در مسیر جریان ارزش ببینیم و درک کنیم. این ابزار به شناسایی گام هایی که هیچ ارزشی اضافه نمی‌کنند، کمک می‌کند. آنها ضایعات هستند و باید از فرآیند حذف یا بهبود داده شوند. VSM یک فرآیند ساختاریافته است و معمولاً در هشت گام انجام می‌شود:

- گام ۱ - مشکل را شناسایی و انتظارات را تعیین کنید.
- گام ۲ - تیم را انتخاب کنید.
- گام ۳ - فرآیند مورد نظر برای نگاشت را انتخاب کنید.
- گام ۴ - داده ها را جمع آوری و نگاشت وضعیت فعلی را تهیه کنید.
- گام ۵ - وضعیت فعلی را بررسی / ارزیابی کنید. ضایعات و موارد بدون ارزش افزوده را شناسایی کنید.
- گام ۶ - نگاشت وضعیت آینده را تهیه کنید؛
- گام ۷ - برنامه اجرایی را تهیه و پیاده سازی کنید.
- گام ۸ - اندازه گیری و نتایج را ارزیابی کنید؛ در صورت نیاز، برنامه را اصلاح کنید.

شکل ۱۱.۱۱ مثالی از فرآیند نگاشت است. در ایجاد نگاشت ها، گاهی از نمادهای استاندارد برای نشان دادن انتظار، جریان، عملیات، انبار و غیره استفاده می‌شود. همچنین، سیستم کد گذاری با رنگ زیر، برای نمایش ارزش فعالیت ها به کار می‌رود:

- سبز - فعالیت های دارای ارزش افزوده
 - زرد - فعالیت‌های بدون ارزش افزوده، ولی ممکن است برای برآورده کردن الزامات قانونی یا سازمانی لازم باشند
 - قرمز - فعالیت های بدون ارزش افزوده (ضایعات)
- نگاشت جریان ارزش یک رویداد یک باره نیست. سازمان‌های موفق، نگاشت جریان ارزش را به صورت مداوم در فرآیندهای خود استفاده می‌کنند تا نتایج بهتری به دست آورند.

شکل ۱۱.۱۱ - فرآیند نگاشت

۶.۱۱ سایر ابزارهای تحلیل و بهبود

نظریه محدودیت ها

نظریه محدودیت ها (TOC) یک ابزار بهبود است که ابتدا توسط الیا هو م. گولد رت^{۷۱} توسعه داده و در کتاب هدف^{۷۲} معرفی شد. این ابزار بر این واقعیت تکیه دارد که یک سیستم مانند یک زنجیر با ضعیف ترین اتصالات خود است. در هر زمان، توانایی سیستم برای رسیدن به بیشتر اهداف آن، اغلب فقط توسط یک بخش از آن سیستم محدود می شود. برای دستیابی به بهبود قابل توجهی در این سیستم، باید محدودیت آن شناسایی و کل سیستم با در نظر گرفتن این محدودیت مدیریت شود. بنابراین، اگر می خواهیم خروجی را افزایش دهیم، باید محدودیت (یا تنگنا^{۷۳}) را شناسایی و حذف کنیم.

انواع جریان فرآیند

در واژه نامه TOC، چهار نوع اصلی جریان فرآیند وجود دارد. این چهار نوع اصلی جریان فرآیند می توانند در تأسیسات بزرگ تر به روش های مختلفی ترکیب شوند.

• **جریان A** – مواد به ترتیب جریان می یابند، مانند یک خط مونتاژ. کار اصلی با توالی مستقیم رویدادها انجام می شود (یک به یک). عامل محدود کننده این نوع جریان، کندترین عملیات است. جریان عمومی مواد به شکل چند به یک نقطه است، مانند یک کارخانه که در آن بسیاری از زیرمرحله های مونتاژ به یک مونتاژ نهایی همگرا می شوند. مشکل اصلی در فرآیند جریان A هماهنگ سازی خطوط همگرا شونده است، به گونه ای که هریک در زمان مناسب، ورودی لازم برای نقطه مونتاژ نهایی را آماده کند.

• **جریان I** – مواد به ترتیب جریان می یابند، مانند یک خط مونتاژ. کار اصلی با توالی مستقیم رویدادها انجام می شود (یک به یک). عامل محدود کننده این نوع جریان، کندترین عملیات است.

• **جریان T** – جریان کلی مانند یک جریان I است (یا چند خط دارد)، که سپس به چندین مجموعه مونتاژ تقسیم می شود (چند به چند). بیشتر قطعات ساخته شده در چندین مجموعه استفاده می شوند و تقریباً همه ی مجموعه ها از چندین قطعه استفاده می کنند.

• **جریان V** – جریان کلی مواد یک به چند است، مانند فرآیندی که یک ماده خام را به چندین محصول نهایی تبدیل می کند. مثال های کلاسیک آن شامل کارخانه های فرآوری گوشت و تولید کنندگان فولاد هستند. مشکل اصلی در جریان V «ربودن مواد» است؛ یعنی یک عملیات (A) بلافاصله پس از نقطه واگرایی، مواد مخصوص عملیات دیگر (B) را «می دزدد». پس از فرآوری مواد توسط عملیات A، مواد نمی توانند بدون دوباره کاری زیاد به عملیات B برگردند.

⁷¹ Eliyahu M. Goldratt

⁷² The Goal - این کتاب با نام "هدف" توسط آقای "داریوش نقشینه" به فارسی ترجمه و توسط انتشارات پیک آوین منتشر شده است.

⁷³ bottleneck

پس از شناسایی محدودیت کلیدی، باید هر آنچه می توانیم انجام دهیم تا نرخ جریان از طریق آن محدودیت را به حداکثر رسانده، به هیچ قسمت دیگری از سیستم اجازه ندهیم با نرخ سریع تر از آن کار کند. در سیستمی که به خوبی بهینه شده باشد، فقط یک دارایی با ظرفیت کامل کار می کند و سایر دارایی ها فقط از بخشی از ظرفیت خود استفاده خواهند کرد.

گام های کلیدی برای پیاده سازی اثربخش رویکرد TOC عبارتند از:

۱. هدف فرآیند یا سازمان را با ابزارهای ارتباطی منتقل کنید. به عنوان مثال: "تولید ۱۰۰ واحد یا بیشتر از محصول X در هر ساعت."
۲. محدودیت را شناسایی کنید. این محدودیت، عاملی داخل یک فرآیند یا سیستم است که مانع دستیابی سازمان به هدف می شود.
۳. از محدودیت استفاده کنید. مطمئن شوید که محدودیت، مختص آن چیزی است که به صورت منحصر به فرد به فرآیند اضافه می کند و کارهایی را نباید انجام شوند، اجرا نمی کند.
۴. محدودیت را ارتقا دهید. در صورت لزوم، با اضافه کردن تجهیزات اضافی یا کاهش زمان تنظیم، ظرفیت محدودیت را افزایش دهید.
۵. اگر در نتیجه این گام ها، محدودیت به سیستم دیگری منتقل شده است، به گام ۱ بازگردید و این فرآیند را برای آن سیستم جدید تکرار کنید.

تحلیل یا نمودار همبستگی^{۷۴}

هدف اصلی تحلیل همبستگی، که به دلیل نویسنده خود یعنی جیرو کاواکیتا^{۷۵} به عنوان روش KJ هم شناخته می شود، سازمان دهی ایده ها، داده ها، واقعیت ها، نظرات و مشکلات در گروه هایی است که به صورت طبیعی با یکدیگر مرتبط هستند، به ویژه زمانی که یک مشکل پیچیده وجود دارد. نمودار همبستگی نتیجه یک فرآیند خلاقانه است که بر یافتن موضوعات اصلی ای تمرکز می کند که روی یک مسأله تأثیر می گذارند؛ این کار از طریق خلق تعدادی ایده، نظر و مسأله انجام می شود. نمودار همبستگی این ایده ها را شناسایی کرده، موارد دارای ارتباط طبیعی با هم را گروه بندی کرده، برای هر گروه یک مفهوم اصلی شناسایی می کند که باعث اتصال هر گروه به هم می شود. تیمی که روی یک مسأله کار می کند، از طریق بررسی تجمیعی تأثیر تصمیم های ترتیبی منفرد به اجماع می رسد و مباحثه استفاده نمی کند.

⁷⁴ Affinity Analysis or Diagram

⁷⁵ Jiro Kawakita

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

در بسیاری از شرایط حل مسأله، طوفان فکری یک ابزار متداول برای جمع آوری موضوعات و ایده ها به منظور حل مسأله است. به عنوان مکانیزمی برای اینکه گروهی از افراد بتوانند ایده ها و موضوعات را روی میز قرار دهند، طوفان فکری یکی از بهترین روش ها است. با این حال، اغلب، این گونه جلسات موضوعات زیادی تولید می کنند. ممکن است بررسی این موضوعات پیچیده و تفسیر آنها سخت شود. همچنین، برجسته کردن روندها و موضوعات خاص از بین مواردی که در جلسه طوفان فکری جمع آوری شده اند، ممکن است چالش برانگیز باشد.

روش های متنوعی برای بهره برداری کارآمد از ایده های جمع آوری شده وجود دارد. از بین این روش ها، نمودارهای همبستگی ابزاری عالی هستند؛ هم برای گروه بندی ایده ها به صورت منطقی و هم برای جمع آوری موضوعاتی که در طی جلسه طوفان فکری توسعه یافته اند. گام های زیر برای توسعه نمودار همبستگی (شکل ۱۲.۱۱) استفاده می شوند:

مسأله یا مشکل را شناسایی کنید تا بتوانید آن را حل کنید.

الف- یک جلسه طوفان فکری برگزار کنید.

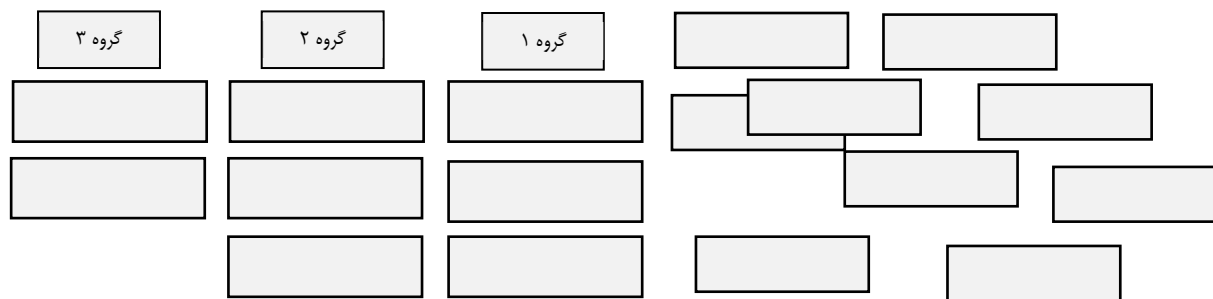
ب- ایده ها و موضوعات را روی «برگه های یادداشت» یا کارت ها ثبت کنید.

پ- برگه های یادداشت و کارت ها را در یک محل واحد جمع آوری کنید (برای مثال، روی یک میز یا دیوار). ایده ها را براساس تفکرات تیم، در گروه ها، الگوها یا موضوعات مشابه مرتب کنید. این کار را تا جایی ادامه دهید که همه برگه های یادداشت و کارت ها مرتب شوند و تیم از گروه بندی راضی باشد.

ت- هر گروه را با توصیف آن چه که نماینده ی آن است، نام گذاری کرده، نام را در بالای هر گروه قرار دهید.

ث- در مورد موضوعات یا گروه ها و شیوه ارتباط آنها را بحث کنید.

اگرچه نمودارهای همبستگی پیچیده نیستند، ولی برای دستیابی به بیشترین بهره از آنها کمی تمرین لازم است. به عنوان مثال:



426

الف- ایده های تصادفی and Reliability Best Practices- by:

ب- نمودار همبستگی

شکل ۱۲.۱۱- آماده سازی یک نمودار همبستگی

- مطمئن شوید ایده ها و مسایلی که جمع آوری شده اند، درک می شوند. به طور معمول، جلسات طوفان فکری به ساده سازی مسایل یا به حصول توافق بدون درک مفاهیم در حال بحث عادت دارند.
 - برگه های یادداشت را به ترتیب قرار ندهید. علاوه بر این، دسته بندی ها و سرفصل ها را پیشاپیش مشخص نکنید.
 - برای گروه بندی ایده ها زمان کافی را اختصاص دهید. در صورت لزوم، برگه های یادداشتی که به صورت تصادفی قرار داده شده اند را در یک محل عمومی بگذارید و اجازه دهید از چند روز پیش از جلسه، گروه بندی انجام شود.
 - از تعداد مناسبی از گروه ها در نمودار استفاده کنید. تعداد زیادی گروه ممکن است گیج کننده و غیر قابل مدیریت باشد.
- نمودارهای همبستگی ابزارهای عالی برای تلفیق و درک حجم زیادی اطلاعات هستند. بار دیگری که با مقدار زیادی اطلاعات یا تعداد زیادی ایده روبرو و در نگاه اول گیج شدید، از رویکرد نمودار همبستگی استفاده کنید تا همه ارتباطات پنهان را کشف کنید.

تحلیل موانع (BA)

تحلیل موانع تکنیکی است که اغلب در صنایع فرآیندی استفاده می شود. این تکنیک بر پایه دنبال کردن جریان های انرژی، با تمرکز روی موانع این جریان ها استوار است؛ برای اینکه مشخص شود چگونه و چرا این موانع از ایجاد خسارت توسط جریان های انرژی پیشگیری نمی کنند. دارایی ها و سیستم ها عموماً موانع، ابزارهای دفاعی یا کنترل هایی دارند تا ایمنی آنها را افزایش دهند. تحلیل موانع می تواند برای تعیین نوع موانعی استفاده شود که باید برای پیشگیری از وقوع حادثه موجود باشند، یا ممکن است برای افزایش ایمنی سیستم نصب شوند. بنابراین، تحلیل موانع می تواند هم به صورت پیش کنشی برای کمک به طراحی موانع و اقدامات کنترلی اثربخش، و هم واکنشی به منظور شفاف سازی اینکه کدام موانع شکست خوردند و چرا، استفاده شود.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تحلیل موانع، روشی ساختارمند برای تصویرسازی رویدادهای مرتبط با شکست سیستم است. موانع می‌توانند فیزیکی، اقدامات انسانی یا کنترل شده توسط سیستم باشند. موانع به صورت زیر قابل دسته بندی هستند:

- موانع فیزیکی
- موانع طبیعی
- موانع اقدامات انسانی
- موانع اداری

برای انجام تحلیل موانع، مشکلی که باید تحلیل شود را شناسایی کنید. به عنوان مثال، خط فشار هیدرولیک – خط تأمین سیال هیدرولیک به قطر ۱/۲-۱ اینچ و با فشار ۳۰۰۰ psi – را در نظر بگیرید که به دلیل فشار بیش از حد پاره شده است.

همه ی موانعی که در این مورد برای پیشگیری از پاره شدن موجود بود [ولی نتوانستند مانع این اتفاق بشوند را فهرست کنید. شرایط وقوع حادثه را در نظر گرفته، عملکرد هر مانع در این شرایط را ارزیابی کنید. دلیل شکست موانعی که به عنوان شکست خورده ارزیابی شده اند را در نظر بگیرید. تأثیر هر شکست روی حادثه مورد تحلیل را ارزیابی کنید. اگر شکست اتفاقی بود، تلاش ها باید روی جنبه‌هایی از سیستم مانند بهبود کیفیت و ایمنی متمرکز شود. یافته ها را ثبت کرده، بهبودهای لازم را انجام دهید. گاهی اوقات پیش از ارائه پیشنهادها، باید تحلیل دقیقی با استفاده از روش های استخوان ماهی، پنج چرا یا روش‌های دیگر انجام شود.

۷.۱۱ خلاصه

سازمان‌ها باید به طور مستمر فرایندهای خود را بهبود داده، هزینه‌ها را کاهش دهند و تلفات را حذف کنند تا رقابت پذیر بمانند. برای بهبود هر فرآیندی، باید داده‌ها تحلیل شده، با استفاده از ابزارها و تکنیک‌ها اقدامات اصلاحی توسعه داده و پیاده سازی شوند. روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهای متنوعی، از یک چک لیست ساده تا نرم‌افزارهای مدل سازی پیچیده، در اختیار ما قرار دارند. این ابزارها می‌توانند به طور اثربخشی برای هدایت ما به سمت اقدامات اصلاحی مناسب استفاده شوند. ما تعدادی از این ابزارها، مانند ۵ چرا، نمودار علت و معلول (یا نمودار استخوان ماهی)، تحلیل پارتو، تحلیل علت ریشه ای، FMEA، شش سیگما، ناب و نگاشت جریان ارزش را بررسی کردیم.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

استفاده از ابزارهای بهبود مستمری که در این فصل در مورد آنها بحث شد، می تواند فآیندهای کاری را بهینه سازی کرده، به هر سازمانی کمک کند تا نتایج را، بدون توجه به اندازه یا نوع محیط کسب و کار، بهبود دهد.

۸.۱۱ پرسش های خودآزمایی

- پ ۱.۱۱ تحلیل علت ریشه ای را به چه دسته بندی هایی می توان تقسیم کرد؟
- پ ۲.۱۱ چه گام هایی برای انجام یک RCA نیاز است؟
- پ ۳.۱۱ چه زمانی باید از ابزار استخوان ماهی استفاده کنیم؟
- پ ۴.۱۱ یک نمودار استخوان ماهی چگونه ساخته می شود؟ گام های لازم را توضیح دهید.
- پ ۵.۱۱ هدف FMEA چیست؟
- پ ۶.۱۱ چه گام ها / عناصر کلیدی برای انجام یک FMEA لازم است؟
- پ ۷.۱۱ شش سیگما به چه معناست؟
- پ ۸.۱۱ اگر عملکرد یک فرآیند در سطح ۵ سیگما باشد، انتظار داریم چه درصدی از قطعات، معیوب باشند؟
- پ ۹.۱۱ تفاوت چرخه بهبود دمینگ و DMAIC چیست؟
- پ ۱۰.۱۱ هدف اصلی تحلیل پارتو چیست؟

۹.۱۱ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. FMEA, 3rd Edition. Reference manual AIAG.
2. Harry, Mikel and Richard Schroeder. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy*. Currency Publications, 2000.
3. Koch, Richard. *The 80/20 Principle: The Secret to Success by Achieving More with Less*. Currency Books, 1998.
4. Latino, Robert and Kenneth Latino. *Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom Line Results*. CRC Press, 2002.
5. Tague, Nancy R. *The Quality Tool Box*. The Quality Press, 2005.

فصل ۱۲

روندها و شیوه‌های کنونی

پیشرفت بدون تغییر غیرممکن است؛
و کسانی که نمی‌توانند ذهن خود را تغییر دهند، هیچ چیز را تغییر نمی‌دهند"
جورج برنارد شاو

- ۱.۱۲ مقدمه
- ۲.۱۲ واژگان و تعاریف کلیدی
- ۳.۱۲ پایداری، مدیریت انرژی و ابتکار سبز
- ۴.۱۲ ایمنی کارکنان، تأسیسات و قوس الکتریکی
- ۵.۱۲ مدیریت ریسک
- ۶.۱۲ کنترل خوردگی
- ۷.۱۲ مهندسی سیستم‌ها و مدیریت پیکربندی
- ۸.۱۲ استانداردها و استانداردسازی
- ۹.۱۲ خلاصه
- ۱۰.۱۲ پرسش‌های خودآزمایی
- ۱۱.۱۲ منابع و مطالعات پیشنهادی

پس از مطالعه این فصل، شما قادر خواهید بود موارد زیر را درک کنید:

- چرا رهبران نگهداشت و قابلیت اطمینان باید نگران انرژی و پایداری یا "سبز بودن" باشند.
- رهبران نگهداشت و قابلیت اطمینان باید چه کاری در مورد ایمنی و به ویژه ایمنی قوس الکتریکی انجام دهند.
- چگونه ریسک‌های اطراف خود را مدیریت می‌کنیم.
- مفهوم کنترل خوردگی چیست.
- تأثیر استانداردها و استانداردسازی بر سازمان خود.
- مفاهیم مهندسی سیستم‌ها و مدیریت پیکربندی دقیقاً چیستند.

۱.۱۲ مقدمه

همان گونه که در فصل قبل اشاره شد، کسب و کارها برای باقی ماندن در بازار رقابتی باید فرآیندهایشان را به طور مستمر بهبود دهند. یک ابزار کلیدی برای دستیابی به این هدف، آگاهی از روندهای جاری و راهکارهای برتر خلاقانه ای است که وارد صنعت نگهداشت و قابلیت اطمینان می شوند. فصل ۱۲ تعدادی از این روندها و شیوه ها را معرفی کرده، به اختصار بررسی می کند که چگونه می توان از این روندها و شیوه ها در زمینه های انرژی و پایداری، ایمنی، مدیریت ریسک، کنترل خوردگی، مهندسی سیستم ها / مدیریت پیکربندی و استانداردها استفاده کرد. البته همانند هر روند یا شیوه دیگری، بررسی بیشتری، نه تنها برای درک زمینه ای که یک صنعت یا کسب و کار خاص این روندها و شیوه ها را به کار می برد، بلکه برای فهم شیوه استفاده و پیاده سازی این روندها و شیوه ها در سازمان خودتان هم، لازم است.

۲.۱۲ واژگان و تعاریف کلیدی

ارزیابی ریسک

تعیین ارزش کمی یا کیفی ریسک مرتبط با یک وضعیت واقعی و یک تهدید شناخته شده (به عنوان خطر هم نامیده می شود). ارزیابی کمی ریسک نیازمند محاسبه دو عامل است: پیامد، یعنی شدت اتلاف بالقوه و احتمال وقوع، یعنی احتمال اتفاق افتادن آن اتلاف.

انجمن ملی استانداردهای آمریکا (ANSI)^۱

یک سازمان غیرانتفاعی، غیردولتی است که استانداردها را برای تقریباً همه ی صنعت آمریکا توسعه و منتشر می کند؛ رویه تهیه استاندارد در آن، از طریق مباحثه بین دانشگاهیان، گروه های علاقمند، کاربران و تأمین کنندگان است؛ یک استاندارد ANSI، با اینکه اختیاری است، در ایالات متحده و سراسر جهان تأثیر زیادی دارد.

انرژی سبز

نوعی انرژی است که به عنوان دوست دار محیط زیست و غیرآلاینده شناخته می شود، مانند انرژی آبی، زمین گرمایی، بادی و خورشیدی.

¹ American National Standard Institute

پایداری

توانایی حفظ یک وضعیت یا فرآیند خاص در سیستم های موجود؛ به طور کلی به ویژگی پایداری بودن اشاره دارد؛ ظرفیت تاب آوری.

پیگردی²

چیدمان و شکل ویژگی های فیزیکی و کارکردی یک سیستم، تجهیز و سخت افزار یا نرم افزار مرتبط با آن؛ همچنین شامل کنترل و مستندسازی تغییرات ایجاد شده در ویژگی های کارکردی و جانمایی هم می شود.

تجهیزات محافظتی کارکنان (PPE)³

تجهیزات ایمنی که برای کمک به کارکنان در محافظت از خودشان در برابر خطرات محیط کار طراحی شده اند. تجهیزات محافظتی کارکنان شامل لباس های مقاوم در برابر آتش یا مواد شیمیایی، دستکش، کلاه ایمنی، ماسک های تنفسی، عینک های ایمنی و غیره هستند.

تصدیق⁴

فرآیند تضمین این که یک محصول یا فرآیند، در شکل اصلی خود، با الزامات مشخص شده برای آن مطابقت دارد.

حادثه⁵

یک رویداد برنامه ریزی نشده یا مجموعه ای از رویدادها که باعث مرگ، آسیب، بیماری شغلی، خسارت به تجهیزات یا اموال یا از دست رفتن آنها یا خسارت به محیط زیست می شود.

حالت ریسک

یکی از چندین روش برای برخورد با ریسک های شناسایی شده.

خطر⁶

² Configuration

³ Personnel Protection Equipment

⁴ Verification

⁵ Mishap

⁶ Hazard

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی
شرایطی که پیش نیاز یک حادثه و شریک در اثرات آن حادثه هستند.

خوردگی

تغییرات تدریجی، فرسایش یا از بین رفتن یک فلز به دلیل واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی بین آن فلز و محیطش.

ریسک

رویدادی در آینده که در صورت وقوع دارای برخی نااطمینانی ها بوده، اگر اتفاق بیفتد، پیامدهای منفی دارد.

شاخص (بزرگی یا اندازه) ریسک

پیامد (اثر) ریسک ضرب در احتمال وقوع آن.

صحه گذاری^۷

اقدامی که تعیین می کند که یک محصول یا فرآیند، در شکل اصلی خود، اهداف مورد نظر را برآورده خواهد کرد.

کاهش خطر (سبک سازی)^۸

روشی که باعث حذف یا کاهش پیامدها، احتمال یا اثرات یک خطر یا حالت شکست می شود؛ کنترل خطر.

مدیریت پیکربندی^۹

یک رشته کاری است که با استفاده از راهنمایی ها و نظارت های فنی و مدیریتی، ویژگی های فیزیکی و کارکردی یک دارایی / سیستم را شناسایی و مستندسازی می کند؛ تغییرات روی آن ویژگی ها را کنترل و ثبت کرده، تغییرات را گزارش می کند.

مدیریت ریسک

یک فرآیند پیوسته است که در طول چرخه عمر یک سیستم انجام می شود تا:
• ناشناخته ها شناسایی و اندازه گیری شوند.

⁷ Validation

⁸ Mitigation

⁹ Configuration Management

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- گزینه‌های کاهش خطر توسعه داده شوند.
- روش های کاهش ریسک مناسب انتخاب، برنامه ریزی و اجرا شوند.
- پیاده سازی روش های انتخاب شده برای کاهش ریسک پیگیری شود، تا کاهش موفقیت آمیز ریسک تضمین شود.

مواد خطرناک

هر ماده ای که به عنوان خورنده، مضر، آزار دهنده، واکنش دهنده، سمی یا خیلی سمی شناخته شود.

نوع ریسک

یکی از چندین ویژگی ریسک: باقیمانده، منتقل شده، فرض شده و اجتناب شده.

¹⁰LEED

رهبری در طراحی انرژی و محیط زیستی.

۳.۱۲ پایداری، مدیریت انرژی و ابتکار سبز

پایداری چیست؟

در کل، پایداری به ویژگی بادوام بودن اشاره دارد. تعریف پذیرفته شده پایداری یا توسعه پایدار در سال ۱۹۸۷ توسط کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه ارائه شد. آنها توسعه پایدار را به عنوان "اشکالی از پیشرفت که نیازهای امروز را بدون به خطر انداختن توانایی نسل های آینده برای برآورده کردن نیازهایشان، برآورده می کنند" تعریف کردند.

در ۲۵ سال گذشته، مفهوم پایداری برای منعکس کردن دیدگاه های هر دو بخش عمومی و خصوصی تکامل یافته است. دیدگاه سیاست عمومی، پایداری را به عنوان برآورده شدن نیازهای اساسی اقتصادی، اجتماعی و امنیتی در حال حاضر و در آینده، بدون تخریب پایه منابع طبیعی و کیفیت محیط زیستی که زندگی به آن وابسته است، تعریف می کند. از دیدگاه کسب و کار، هدف پایداری افزایش ارزش سهامداران و اجتماع در بلندمدت است، در حالی که استفاده صنعت از مواد و تأثیرات منفی بر محیط زیست را کاهش می دهد.

به رسمیت شناختن نیاز به حمایت از رشد اقتصادی، در حالی که هزینه های اجتماعی و اقتصادی رشد اقتصادی کاهش یابد، بین دو دیدگاه سیاست عمومی و کسب و کاری مشترک است. توسعه پایدار می تواند

¹⁰ Leadership in Energy and Environmental Design

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

سیاست‌هایی را پرورش دهد که ارزش های محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی را در تصمیم سازی‌ها وارد کنند. از دیدگاه کسب و کار، توسعه پایدار از رویکردی حمایت می کند که بر پویایی (دینامیک) سیستم، ایجاد سیستم های تاب آور¹¹ و سازگار، پیش بینی و مدیریت تغییرات و ریسک و کسب سود تمرکز دارد. توسعه پایدار تجارت را در برابر محیط زیست قرار نمی دهد، بلکه باعث هم افزایی بین آنها می شود.

در عمل، پایداری به سه موضوع گسترده، که به عنوان ستون های پایداری هم نامیده می شوند، اشاره دارد: اقتصاد، اجتماع و محیط زیست. برای تضمین زیست پذیری بلندمدت جامعه و سیاره مان لازم است که بین این سه موضوع هماهنگی ایجاد شود. موضوع پایداری در نتیجه نگرانی های قابل توجه درباره عواقب ناخواسته اجتماعی، محیط زیستی و اقتصادی رشد سریع جمعیت، رشد اقتصادی و مصرف روزافزون منابع طبیعی مان پدیدار شد. هنگامی که به شیوه ها و پروژه های موجود یا جدید در مورد افراد، کسب و کارها، صنایع یا جامعه مان توجه می کنیم، ضروری است که دستیابی به منافع اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی تضمین آنها شود. هر فرد، کسب و کار و صنعتی دارای نقش و مسئولیتی است تا مطمئن شود که اقدامات فردی و جمعی اش از پایداری جامعه پشتیبانی می کند.

معنای پشتیبانی از پایداری این است که باید منابع خود را به گونه ای حفظ کنیم که که انسان های آینده نیز بتوانند از آنها استفاده کنند. برای دستیابی به این هدف، باید منابع خود را با سرعتی که برابر یا سریعتر از مصرف است، بازیابی و احیا کنیم.

پایداری اجتماعی در این واقعیت ریشه دارد که فرهنگ ها و جوامع گوناگون همگی در این سیاره شریک هستند و در آن زندگی می کنند. این فرهنگ ها ممکن است تاریخچه، تبار و باورهای متفاوتی داشته باشند، ولی هر کدام دیدگاه متفاوتی را به دنیای اطراف خود می آورند. بنابراین، در نظر گرفتن جنبه اجتماعی منابع (چه زمین باشد، چه منابع فیزیکی دیگر) باید نقشی در معادله کلی پایداری داشته باشد.

پایداری محیط زیستی به این دلیل اهمیت دارد که شامل منابع طبیعی است که انسان ها برای سرمایه اقتصادی یا تولیدی به آنها نیاز دارند. موادی که از طبیعت گرفته می شوند برای حل مسایلی استفاده می شوند که نیازهای انسانی را برطرف می کنند. اگر سرعت مصرف کردن طبیعت بیشتر از سرعت بازیابی آن باشد، انسان ها بدون مواد خام خواهند ماند. به علاوه، پایداری محیط زیستی تضمین می کند که انتشار زباله ها در حدی باشد که طبیعت می تواند به آن رسیدگی کند. اگر این اتفاق نیفتد، بسیاری از انسان ها و سایر موجودات زنده روی زمین در معرض انقراض قرار خواهند گرفت.

پایداری در واقع بر یک اصل ساده استوار است: همه چیزی که برای بقا و زندگی خوب نیاز داریم، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، به محیط زیست طبیعی ما وابسته است. پایداری شرایطی را ایجاد و حفظ می کند که انسان ها و طبیعت بتوانند در توازن بهره ور زندگی کرده، نیازهای اجتماعی، اقتصادی و دیگر نیازمندی های نسل های حاضر و آینده را برآورده کنند.

¹¹ resilient

۶ راه آسان برای ایجاد یک تغییر بزرگ در پایداری

برای تضمین اینکه ما، امروز و در آینده، آب، مواد و منابع لازم برای حفاظت از سلامت انسانی و محیط زیست خود داشته باشیم، باید از چالش‌های پایداری آگاه باشیم. با توجه به این نگرانی‌ها، ما هم به عنوان افراد و هم به عنوان متخصصان نگهداشت و قابلیت اطمینان، می‌توانیم به سهم خودمان کاری بکنیم، حتی اگر نیاز به تلاشی در مقیاس بزرگ باشد. اقدامات فردی ما می‌تواند تفاوت واقعی ایجاد کند. در ادامه تعدادی از اقداماتی را که می‌توانیم برای در پیش گرفتن یک سبک زندگی پایدارتر به عادت تبدیل کنیم، آورده شده است.

۱- **کاهش خرید و مصرف:** فرآیندهای تولید و ساخت، منابع طبیعی ارزشمندی را مصرف می‌کنند. هر چیزی که داریم، از مواد خامی ساخته شده که زمانی بخشی از زمین بوده‌اند. هر چیزی در خانه ما، زمانی که از زمین برداشته و تولید شده است، تأثیری روی محیط زیست گذاشته است. انتخاب کمتر خرید کردن آشکارا یک راهکار پایدار است، ولی همیشه عملی نیست. گاهی اوقات بهترین انتخاب این است که کالاهای با کیفیت بالا و بادوام ساخته شده از مواد دوست دار محیط زیست را خریداری کنیم.

۲- **صرفه جویی در مصرف برق:** بیشتر برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود. به همین دلیل تولید برق، یکی از بزرگترین عوامل تولید گازهای گلخانه‌ای در اکوسیستم است. با کاهش مصرف برق، می‌توانیم انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهیم. راه‌های زیادی برای کاهش مصرف برق وجود دارد، مانند استفاده از دستگاه‌ها، وسایل و فرآیندهای دارای مصرف بهینه انرژی. (کاهش و مدیریت مصرف انرژی در همین بخش به طور دقیق‌تر بحث خواهد شد.)

۳- **تولید کمتر زباله:** هر چیزی که دور می‌اندازیم، جایی می‌رود. کاهش میزان زباله‌ای که وارد خاک می‌شود، یک راه عالی برای حفاظت از محیط زیست است. با بازیافت و استفاده مجدد، می‌توانیم میزان زباله‌ای که باید دور بریزیم را کاهش دهیم.

۴- **کاهش مصرف آب:** آب یکی از ارزشمندترین منابع روی سیاره ما است. نشستی از شیرها، لوله‌ها و توالت‌ها را کنترل کنید. شیرهایی که بی دلیل باز هستند را ببندید. راه‌هایی برای کاهش مصرف آب در فرآیندها پیدا کنید. آبی که برای حمام یا شستشو استفاده شده، می‌تواند به عنوان آب خاکستری دوباره استفاده شود.

۵- **کمینه کردن یا حذف نیاز به مواد خطرناک:** در خانه‌ها و کارخانه‌ها، ما از مواد خطرناک و زیان‌بار برای محیط زیست زیادی مانند فرئون، تری کلرواتیلن (TCE)، حلال‌های رنگ و غیره استفاده می‌کنیم. باید این مواد را با مواد دوست دار محیط زیست جایگزین کنیم.

۶- **انتخاب حمل و نقل سبزتر، هر زمان که امکان پذیر باشد:** وقتی می‌توانیم انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط موتورهای احتراق داخلی را کاهش دهیم یا حذف کنیم، می‌توانیم به کاهش

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

کل گازهای گلخانه ای در جو زمین کمک کنیم. استفاده از حمل و نقل عمومی، رانندگی اشتراکی^{۱۲} و استفاده از دوچرخه برای رفت و آمد به محل کار، اقداماتی هستند که باعث به تأخیر انداختن روزی می شوند که سوخت های فسیلی و زندگی به شکلی که ما می شناسیم، به پایان رسیده باشد.

سازمان محیط زیست آمریکا (EPA)، به عنوان نهاد ناظر بر محیط زیست ایالات متحده، تلاش کرده است مطمئن شود که صنایع، الزامات قانونی برای کنترل آلودگی را انجام دهند. در سال های اخیر، EPA شروع به توسعه نظریه، ابزارها و شیوه هایی کرد که امکان حرکت از کنترل آلودگی به پیشگیری از آن را فراهم کرد. امروزه، EPA پایداری را به عنوان هدف بعدی خود در حفاظت از محیط زیست انتخاب کرده، با بهره گیری از پیشرفت های علمی و فناوری برای حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست، شیوه های کسب و کاری سبز نوآورانه را ترویج می کند.

مقررات و شیوه های دولتی کلیدی^{۱۳}

فرمان اجرایی ۱۳۴۲۳: "تقویت مدیریت محیط زیستی، انرژی و حمل و نقل فدرال" در سال ۲۰۰۷، سیاست و اهداف مشخصی را برای سازمان های فدرال تعیین کرد تا "فعالیت های مربوط به محیط زیست، حمل و نقل و انرژی مرتبط به مأموریتشان را با رعایت این قانون به صورتی دقیق، یکپارچه، همراه با بهبود مستمر، کارآ و پایدار از نظر محیط زیستی، اقتصادی و مالی انجام دهند."

فرمان اجرایی ۱۳۵۱۴: "رهبری فدرال در عملکرد محیط زیستی، انرژی و اقتصادی" در سال ۲۰۰۹، فرمان اجرایی ۱۳۴۲۳ را بهبود بخشید "تا یک استراتژی یکپارچه را برای پایداری در دولت فدرال پیاده کرده، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای (GHG)^{۱۴} را به عنوان اولویت سازمان های فدرال تعیین کند."

وب سایت پایداری دولت فدرال، آخرین اطلاعات سازمان های فدرال مربوط به توسعه و حفظ تأسیسات پایدار و توسعه و ترویج شیوه های پایدار در برنامه های محیط زیستی شان را شامل می شود.

EPA سبز. EPA برنامه های گسترده ای را برای کاهش تأثیر محیط زیستی تأسیسات و عملیات خود اجرا می کند، از ساخت سازه های جدید و پایدار محیط زیستی تا بهبود بازدهی انرژی ساختمان های قدیمی تر.

¹² carpooling

¹³ این مقررات و شیوه ها مربوط به دولت ایالات متحده آمریکا است (مترجم).

¹⁴ greenhouse gas

هزینه انرژی

هزینه های انرژی می تواند بر عملکرد مالی کسب و کارها تأثیر قابل توجهی داشته باشد. یک نظرسنجی اخیر انجام شده توسط انجمن ملی تولیدکنندگان آمریکا (NAM)^{۱۵} نشان داد که بیش از ۹۰٪ شرکت های تولیدی کوچک و متوسط معتقدند که افزایش قیمت های انرژی تأثیر منفی روی سودآوری آنها دارد. در واقع، بحران انرژی سال ۲۰۰۸ باعث شد که بسیاری از کسب و کارها تعطیل شوند. در نتیجه، سازمان ها برنامه های انرژی جدید خود را بررسی و به روزرسانی می کنند تا مصرف انرژی خود را کاهش دهند. در طول فرآیند تولید، انرژی به دلیل عدم کارایی تجهیزات و محدودیت های مکانیکی و حرارتی تلف می شود. بهینه سازی کارایی این سیستم ها می تواند به صرفه جویی قابل توجهی در انرژی و هزینه ها و همچنین کاهش انتشار دی اکسید کربن منجر شود. درک اینکه انرژی چگونه مصرف می شود و به هدر می رود - یا ردپاهای مصرف و هدررفت انرژی - می تواند به کارخانه ها کمک کند تا مناطقی با شدت انرژی بالا را شناسایی کرده، راه های بهبود کارایی را پیدا کنند. فرصت های قابل توجهی برای کاهش انرژی هدررفته در بخش های صنعتی و خدماتی وجود دارد. سازمان ها به طور مستقیم تحت تأثیر هزینه انرژی تولید محصولات، حفظ و نگهداشت عملیات - از جمله دفاتر و دریافت مواد اولیه - و تحویل کالاهای تمام شده به مشتریان قرار می گیرند.

مصرف انرژی می تواند هزینه زیست محیطی قابل توجهی هم داشته باشد. احتراق سوخت در دیگ های بخار، کوره ها، وسایل نقلیه و تجهیزات می تواند گونه های مختلفی از آلاینده های تحت مقررات قانونی را منتشر کند، از جمله دی اکسید کربن (CO₂)، مونو اکسید کربن (CO)، دی اکسید گوگرد (SO₂)، اکسید نیتروژن (NO_x)، ذرات جامد، ترکیبات آلی فرار (VOC ها) و مجموعه ای از مواد سمی که توسط هوا جابجا می شوند. آلاینده های احتراق می توانند بر سلامت نیروی کار تأثیر بگذارند؛ همچنین فرآیندهای هزینه بر صدور مجوز، پایش و کنترل آلاینده ها باید در مورد آنها انجام شود. به طور کلی، کاهش انتشار آلاینده های هوایی در اثر فعالیت های احتراقی و همچنین ذخیره سازی و جابجایی ایمن سوخت ها، سوخت های مصرف شده و سایر سیالات می تواند علاوه بر محافظت از نیروی کار، سلامت جوامع همسایه و سلامت عمومی را هم تضمین کند.

انرژی یک ورودی مهم و اغلب هزینه بر در بیشتر فرآیندهای تولید و جریان های ارزش است. مصرف انرژی غیر ضروری را به عنوان یک "اتلاف مهلک" دیگر در نظر بگیرید و برنامه هایی را برای حذف یا کاهش آن تا رسیدن به تعالی انرژی و زیست محیطی ایجاد کنید. مزایای مدیریت انرژی عبارتند از:

- کاهش هزینه های عملیات و نگهداشت
- کاهش آسیب پذیری در برابر افزایش قیمت انرژی و سوخت
- افزایش بهره وری

¹⁵ National Association of Manufacturers

- بهبود ایمنی
- بهبود روحیه و تعهد کارکنان
- بهبود کیفیت زیست محیطی
- کاهش انتشار گازهای گلخانه ای
- باقی ماندن زیر آستانه مجاز انتشار آلاینده های هوا
- افزایش سود کلی

منابع انرژی و مصارف نهایی

زنجیره تأمین انرژی با برق، بخار، گاز طبیعی، ذغال سنگ و سایر سوخت هایی آغاز می شود که از نیروگاه های برق، شرکت های گاز و توزیع کنندگان سوخت برای کارخانه های تولیدی تأمین می شوند. سپس انرژی یا به یک سامانه مرکزی تولید انرژی منتقل، یا بلافاصله برای استفاده مستقیم توزیع می شود. سیستم های انرژی صنعتی حدود ۸۰٪ از کل انرژی مورد استفاده توسط صنعت را به خود اختصاص می دهند. به طور میانگین، حدود ۳۵٪ از این انرژی هر سال به دلیل فرآیندهای ناکارآمد و اتلاف انرژی از بین می رود. تا ۵۰٪ از این میزان با بهبود کارایی و کاهش اتلاف انرژی در این سیستم ها قابل صرفه جویی است. سپس انرژی با استفاده از انواع سیستم های انرژی بر، از جمله بخار، گرمایش فرآیندی و تجهیزات با محرک موتوری مانند هوای فشرده، پمپ ها و فن ها، پردازش می شود. سیستم های انرژی صنعتی توسط وزارت انرژی آمریکا (DOE) به صورت زیر دسته بندی می شوند:

۱. بخار
۲. گرمایش فرآیندی
۳. موتورها، پمپ ها و فن ها
۴. هوای فشرده

بخار

بیش از ۴۵٪ از کل سوخت های مصرف شده برای تولید بخار استفاده می شود. بخار برای گرم کردن مواد خام و تکمیل محصولات نیمه تمام استفاده می شود. همچنین منبع قدرتی برای تجهیزات، همچنین گرمایش ساختمان و تولید برق است. بسیاری از تأسیسات تولیدی می توانند با نصب تجهیزات و فرآیندهای بخار کارآتر، انرژی را بازیابی کنند. برای بهینه سازی انرژی و کاهش هزینه ها، باید به کل سیستم توجه شود.

گرمایش فرآیندی

گرمایش فرآیندی تقریباً برای همه فرآیندهای تولیدی ضروری است؛ و حرارت مورد نیاز برای تولید مواد پایه و کالاهای اولیه را تأمین می کند. فرآیندهای گرمایشی تقریباً ۲۰٪ از کل مصرف انرژی صنعتی را تشکیل می دهند. فناوری ها و شیوه های کاری پیشرفته، فرصت های صرفه جویی قابل توجهی برای کاهش هزینه های گرمایش فرآیندی را فراهم می کنند.

موتورها، پمپ ها و فن ها

تجهیزات محرک موتوری حدود ۶۵٪ از برق مصرفی در بخش صنعتی را مصرف می کنند. در بیشتر صنایع انرژی بر، بهبود سیستم های موتوری می تواند به صرفه جویی چشمگیری در مصرف انرژی و کاهش هزینه ها منجر شود. کلید این صرفه جویی ها، استفاده از تجهیزات با بازدهی انرژی یا پیاده سازی شیوه های مدیریت انرژی دقیق است.

هوای فشرده

برآورد می شود که سیستم های هوای فشرده سالانه حدود ۵ میلیارد دلار از هزینه های انرژی در بخش صنعتی آمریکا را تشکیل می دهند. بسیاری از صنایع از سیستم های هوای فشرده به عنوان منبع نیرو برای ابزار و تجهیزات ایجاد فشار، اتمیزه کردن، هم زدن و مخلوط کردن استفاده می کنند. اصلی ترین منبع اتلاف در این نوع انرژی، نشتی است. بسیاری از استفاده کنندگان از هوای فشرده در سطح کارگاه، تصور می کنند که هوای فشرده رایگان است یا هزینه بسیار کمی دارد. بهینه سازی سیستم های هوای فشرده می تواند بازدهی انرژی را به میزان ۲۰٪ تا ۵۰٪ بهبود دهد.

اگرچه منابع انرژی اصلی مورد استفاده در صنعت، گاز طبیعی و برق هستند، صنعت از دیگر منابع انرژی مانند نفت هم، برای تولید گرما، استفاده می کند. برخی از تأسیسات دارای امکانات تولید انرژی در محل هستند، که در آنها سوختی (مانند گاز طبیعی، روغن بازیافتی یا ضایعات) سوزانده می شود تا حرارت و برق تولید کند. درک مصارف نهایی انرژی – یعنی از انرژی برای انجام چه کاری استفاده می کنیم – به ما اطلاعات مفیدی برای شناسایی فرصت های بهبود کارایی و کاهش هزینه ها می دهد. در یک محیط اداری، مصارف نهایی عمدتاً شامل گرمایش، جابجایی هوا و تهویه مطبوع (HVAC)، روشنایی و استفاده از لوازم خانگی و کامپیوترها است. در یک کارخانه صنعتی، مصارف نهایی عمدتاً شامل عملیات تجهیزات فرآیندی، گرمایش و سرد کردن فرآیندی، حمل و نقل، تهویه مطبوع و روشنایی است.

درک هزینه های استفاده از انرژی، می تواند باعث افزایش میزان آگاهی از ارزش بالقوه ی پیدا کردن و حذف اتلاف های انرژی شود. هزینه های استفاده از انرژی همیشه برای مدیران تولید / عملیات قابل مشاهده نیست، زیرا آنها عموماً درگیر هزینه های بالاسری تأسیسات بوده، به موضوعات تولیدی توجه

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

زیادی نمی کنند. پیگیری صریح هزینه های مرتبط با فرایندها یا تجهیزات خاص می تواند به صرفه جویی انرژی کمک کند.

شیوه قدم زدن در کارگاه / کارخانه برای مشاهده مصرف انرژی

ارزیابی و مشاهده فرایندها از نزدیک و در حین عملکرد واحد، راه ساده ولی مؤثری برای شناسایی اتلاف انرژی و یافتن فرصت های بهبود است. در زمان بازدید از نزدیک، به دنبال نشانه های استفاده ناکارآ یا غیر ضروری از انرژی باشید. دوربین فروسرخ و نشت یاب آلتراسونیک برای شناسایی نواحی گرم / سرد و نشتی ها مناسب هستند. می توانید در هنگام بررسی، پرسش هایی در مورد مصرف انرژی پیرسید (تعدادی از این پرسش ها برای دسته های گوناگون تجهیزات در ادامه فهرست شده اند):

موتورها و دستگاهها

۱. آیا دستگاهها هنگام عدم بیکاری روشن نگه داشته می شوند؟ اگر بله، چرا؟
۲. آیا موتورها، پمپها و تجهیزات با بازدهی انرژی بالا استفاده می شوند؟
۳. آیا موتورها، پمپها و تجهیزات براساس میزان بارشان انتخاب شده اند؟ آیا سیستم های موتوری با کنترل سرعت متغیر استفاده می شوند؟

هوای فشرده

۱. آیا در زمان استفاده از سیستم هوای فشرده، نشتی های سیستم قابل مشاهده است؟ آخرین بازبینی نشتی هوا چه زمانی بوده است؟
۲. آیا سیستم های هوای فشرده از حداقل فشار مورد نیاز برای عملکرد تجهیزات استفاده می کنند؟

گرمایش و سرمایش فرآیند و تأسیسات

۱. آیا دمای کوره ها و گرمایش های فرآیندی بالاتر از حد نیاز حفظ می شود؟
۲. آیا مناطق کاری بیش از حد گرم یا سرد شده اند؟
۳. آیا کارکنان کنترلی روی گرمایش و سرمایش مناطق کاری خود دارند؟
۴. آیا پنجره ها یا درب های خارجی برای تنظیم گرمایش و سرمایش باز می شوند؟

روشنایی

۱. آیا روشنایی در جایی که به آن نیاز داریم، متمرکز می شود؟
۲. آیا روشنایی در انبارها، مناطق ذخیره سازی و سایر مناطقی که به صورت گاه به گاه استفاده می شوند، توسط حسگرهای حرکتی کنترل می شود؟
۳. آیا لامپ های فلورسنت کم مصرف استفاده قرار می شوند؟

ممیزی های انرژی و اندازه گیری مصرف انرژی

هرچند بررسی از نزدیک یک روش عالی برای شناسایی و رفع اتلاف انرژی هایی است که به آسانی قابل مشاهده هستند، ولی برای شناسایی دقیق تر فرصت های بهبود مصرف انرژی، لازم است که مصرف انرژی را با دقت بیشتری مورد بررسی قرار دهیم. دو استراتژی برای یادگیری بیشتر در مورد مصرف انرژی عبارت است از:

۱. انجام ممیزی انرژی برای درک چگونگی استفاده از – و اتلاف احتمالی – انرژی، در سراسر تأسیسات.
۲. اندازه گیری مصرف انرژی فرآیندهای تولیدی و پشتیبانی.

ممیزی انرژی، گاهی به عنوان ارزیابی انرژی نیز شناخته می شود، بررسی مصارف نهایی انرژی و عملکرد یک تأسیسات [در زمینه انرژی] است. ممیزی های انرژی می توانند از نظر پیچیدگی و سطح جزئیات، از یک ممیزی ساده شامل قدم زدن در تأسیسات و بازبینی قبوض انرژی گرفته، تا یک تجزیه و تحلیل جامع از تاریخچه استفاده از انرژی و گزینه های سرمایه گذاری در بهینه سازی مصرف انرژی، متغیر باشند. ممیزی های انرژی به مدیران کمک می کنند تا مصرف انرژی کارخانه خود را با معیارهای بهینه کاوی صنعت مقایسه کرده، فرصت های خاص صرفه جویی انرژی را شناسایی کنند. در بسیاری از مناطق، تأمین کنندگان انرژی محلی، خدمات ممیزی انرژی را به صورت رایگان یا هزینه کم ارائه می کنند.

استراتژی های کاهش مصرف انرژی و بهبود فرآیند

بسیاری از راهکارهای برتر برای بهبود بازدهی انرژی را می توان بدون تحلیل یا برنامه ریزی گسترده ای پیاده سازی کرد. در عملیات کارخانه، می توان از چندین استراتژی برای کاهش مصرف انرژی استفاده کرد:

۱. **نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM).** از راهکارهای برتر کاهش مصرف انرژی در فعالیت های نگهداشت خودگردان روزانه استفاده کنید تا مطمئن شوید که تجهیزات و فرآیندها به طور یکنواخت و با کارایی بالا کار می کنند.

۲. **تجهیزات با اندازه مناسب.** تجهیزات بزرگ و ناکارآ را با تجهیزات کوچکتر و متناسب سازی شده برای نیازهای خاص تولید جایگزین کنید.

۳. **نقشه جانمایی کارخانه و جریان.** نقشه جانمایی کارخانه را برای بهبود جریان محصول و همچنین کاهش مصرف انرژی و اثرات مرتبط با آن بازطراحی و چیدمان مجدد کنید.

۴. **کار استاندارد، کنترل های بصری و خطا ناپذیر سازی.** بازدهی انرژی را از طریق رویه های کاری استاندارد شده و سیگنال های بصری که صرفه جویی انرژی را تشویق می کنند، بهبود دهید.

در ادامه جزئیات چند استراتژی بحث شده است.

جایگزینی تجهیزات بزرگ تر از نیاز و ناکارآ با تجهیزات با اندازه مناسب

بهبود فرآیند اغلب منجر به استفاده از تجهیزات با اندازه مناسب برای برآورده کردن نیازهای تولید می شود. تجهیزات با اندازه مناسب برای برآورده کردن نیازهای خاص تولیدی یا یک مرحله فرآیند خاص طراحی می شوند و نیازهای فرآیندی کل تأسیسات را برآورده نمی کنند. به عنوان مثال، به جای اتکا به یک کابین رنگ بزرگ یا یک ایستگاه بزرگ تمیزکاری قطعات برای انجام همه فعالیت های رنگ آمیزی و حذف چربی، اصول ناب معمولاً سازمان ها را به این سمت هدایت می کند که از ایستگاه های با اندازه مناسبی که در سلول های تولیدی جاگذاری شده اند، برای رنگ آمیزی و تمیزکردن قطعات استفاده کنند. در تولید سنتی، تجهیزات / سیستم ها اغلب بیش از اندازه بزرگ هستند تا بتوانند پاسخگوی حداکثر تقاضای پیش بینی شده باشند. از آنجا که خرید یک تجهیز بزرگ و جدید غالباً پرهزینه و زمان بر است، مهندسان اغلب "ظرفیت میانی"^{۱۶} اضافه ای را در طراحی در نظر می گیرند تا مطمئن شوند که [ظرفیت] تجهیزات باعث ایجاد محدودیت برای تولید نمی شود. به عنوان مثال، یک سیستم فن معمولاً بزرگ تر از اندازه مورد نیاز است. راه هایی که می توانند برای انتخاب اندازه مناسب به منظور کاهش مصرف انرژی استفاده شوند، عبارتند از:

الف. استفاده از موتورهای کوچک و با بازدهی انرژی بالا. جایگزینی یک موتور ۷۵ اسب بخار با بازدهی استاندارد با یک موتور ۶۰ اسب بخار با بازدهی انرژی بالا، مصرف انرژی موتور را حدود ۲۵ درصد کاهش می دهد.

¹⁶ buffer capacity

ب. کاهش سرعت فن با پولی های بزرگتر. جایگزینی پولی موجود در یک سیستم با محرک پولی و تسمه با یک پولی بزرگتر، سرعت آن را کاهش داده، در نتیجه در هزینه های انرژی صرفه جویی می کند. کاهش ۲۰ درصدی سرعت فن، مصرف انرژی آن را ۵۰ درصد کاهش می دهد.

پ. استفاده از تنظیم فشار استاتیک برای سیستم های حجم هوای متغیر (VAV)^{۱۷}. کاهش فشار استاتیک در سیستم VAV، مصرف انرژی فن را کاهش می دهد. با کاهش تدریجی نقطه تنظیم فشار استاتیک به سطح کمتری که کاربران را هم راضی نگه دارد، می توان مصرف انرژی را کاهش داد.

طراحی جانمایی کارخانه برای بهبود جریان و کاهش مصرف انرژی

بهبود فرآیند، روی بهبود جریان محصول در فرآیند تولید تمرکز دارد. تجهیزات و ایستگاه های کاری را به صورتی پشت سر هم قرار دهید که از جریان یکنواخت مواد و قطعات در تمام فرآیند پشتیبانی کرده، جابجایی یا تأخیر را به حداقل برساند. خروجی مطلوب این است که محصول با بیشترین سرعت از فرآیند تولید عبور کند. بهبود جریان محصول و ورودی های فرآیند می تواند میزان انرژی مورد نیاز برای پشتیبانی از فرآیند تولید را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

مثالی از یک طراحی خوب، استفاده از لوله های بزرگ و پمپ های کوچک به جای لوله های کوچک و پمپ های بزرگ است. بهینه سازی کل سیستم می تواند باعث کاهش چشم گیر هزینه های عملیاتی شود. هدف، کاهش اتلاف های مربوط به اصطکاک است.

علاوه بر استفاده صریح از روش های فرآیندی برای هدف قرار دادن اتلاف های انرژی، می توان از فرصت های دیگری هم برای صرفه جویی انرژی در تأسیسات استفاده کرد؛ نصب تجهیزات با بازدهی انرژی بالا، تبدیل منابع سوخت به منابع با آلایندهی کمتر و طراحی محصولات با مصرف انرژی کمتر نمونه هایی از این فرصت ها هستند. برای دستیابی به بیشترین اثربخشی، تلاش های صرفه جویی انرژی باید پیش کنشی، استراتژیک و نظام مند باشند تا یک سیستم مدیریت انرژی پایه گذاری شود که همراستا و پشتیبان ابتکارهای سازمان برای دستیابی به بیشترین بهبود عملکردی در حوزه های عملیات، انرژی و محیط زیستی باشد.

شناسایی و حذف اتلاف های انرژی از طریق بهبود فرآیند، از جمله ابتکارهای ناب و سبز، می تواند توانایی رقابتی سازمان را به شیوه های گوناگون بهبود دهد. به عنوان مثال، کاهش شدت انرژی فعالیت های تولیدی و فرآیندهای پشتیبانی به طور مستقیم هزینه های عملیاتی تکراری را کاهش داده، تأثیر مستقیمی روی بهبود سودآوری و رقابت پذیری دارد.

توسعه یک نقشه راه مناسب برای برنامه ریزی و مدیریت انرژی در هر سازمان شامل سه مرحله است:

¹⁷ Variable Air Volume systems

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۱- **ارزیابی اولیه:** فرصت ها، ریسک ها و هزینه های مدیریت استراتژیک انرژی را در نظر بگیرید.

۲- **طراحی فرآیند:** نیازهای انرژی سازمان را درک کرده، بهترین راه برای ایجاد یک برنامه مدیریت انرژی را شناسایی کنید.

۳- **ارزیابی فرصت ها:** فرصت های بهبود مرتبط با انرژی را شناسایی و اولویت بندی کنید، مانند اقدامات بهره وری انرژی، گزینه های تأمین انرژی و محصولات و خدمات مرتبط با انرژی.

در نهایت، استاندارد مدیریت انرژی جدیدی توسط سازمان بین المللی استانداردها (ISO) به تازگی منتشر شده است. این استاندارد، که به نام ISO 50001:2011 شناخته می شود، چارچوبی برای مدیریت انرژی در کارخانه های صنعتی، تأسیسات تجاری، مؤسسات یا تأسیسات دولتی یا همه ی سازمان ها ارائه می دهد. با هدف کاربرد گسترده در بخش های اقتصادی ملی، تخمین زده می شود که این استاندارد می تواند تا ۶۰ درصد بر مصرف انرژی جهان تأثیر بگذارد.

مصرف انرژی اغلب به عنوان یک هزینه پشتیبانی ضروری در فعالیت های کسب و کاری در نظر گرفته می شود؛ گاهی اوقات برای جلب توجه سازمان به تلاش های بهره وری انرژی لازم است که با سایر نیازهای عملیاتی سازمان به رقابت بپردازید. با اتصال مدیریت انرژی به فعالیت های محیط زیستی / سبز و ناب، تلاش های کاهش مصرف انرژی می توانند به طور مستقیم به تلاش های بهبود فرآیندی که توسط مدیران ارشد برای موفقیت کسب و کار حیاتی تلقی می شود، مرتبط شوند.

ابتکارهای سبز

انرژی سبز اصطلاحی است که برای توصیف آن دسته از منابع انرژی استفاده می شود که به عنوان دوست دار محیط زیست و غیرآلاینده شناخته می شوند، مانند انرژی زمین گرمایی، باد و خورشید. این منابع انرژی ممکن است راه چاره ای برای اثرات گرمایش جهانی و برخی از انواع آلودگی باشند. این منابع انرژی به طور کلی گران تر از منابع انرژی سنتی هستند، ولی می توان با کمک حمایت های دولتی آنها را خریداری کرد.

تعریف های گوناگونی برای انرژی سبز وجود دارد، از جمله:

- یک عبارت جایگزین برای انرژی تجدید پذیر
- انرژی تولید شده از منابعی که آلاینده تولید نمی کنند (مانند انرژی های خورشیدی، بادی و موج)
- انرژی تولید شده از منابعی که به عنوان دوست دار محیط زیست تلقی می شوند (مانند انرژی آبی، خورشیدی، زیست توده^{۱۸} (زباله مدفون) و بادی)
- انرژی تولید شده از منابعی که آلودگی کمی تولید می کنند

¹⁸ biomass

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

- انرژی که به روش هایی تولید و مصرف می شود که تأثیر محیط زیستی نسبتاً کمتری ایجاد می کنند

ابتکار ساختمان سبز¹⁹ (GBI) یکی دیگر از ابتکارهای کاهش مصرف انرژی و تأثیرات محیط زیستی است. GBI از دولت ها می خواهد که رهبری افزایش بازدهی انرژی و مسؤولیت محیط زیستی در ساختمان های دولتی را بر عهده بگیرند، همچنین تأثیرات محیط زیستی تأسیسات دولتی روی جهان را کاهش دهند.

GBI از دولت ها می خواهد که تا سال ۲۰۱۵ مصرف انرژی شبکه ای ساختمان های خود را به مقدار ۲۰ درصد کاهش داده، با این کار، انتشار گازهای گلخانه ای مرتبط با تولید انرژی مبتنی بر سوخت های فسیلی را که برای بهره برداری از همان ساختمان ها لازم است، کاهش دهند.

رهبری در طراحی انرژی و محیط زیستی (LEED)

LEED یک سیستم شناخته شده صدور گواهینامه بین المللی ساختمان سبز است که تأییدیه شخص ثالثی ارائه می دهد که یک ساختمان یا انجمن با استفاده از استراتژی هایی طراحی و ساخته شده است که هدف آنها بهبود عملکرد در معیارهای سنجشی مانند صرفه جویی انرژی، بازدهی آب، کاهش انتشار دی اکسید کربن، بهبود کیفیت محیط داخل ساختمان، نظارت بر مصرف منابع و حساسیت به تأثیرات آنها است.

LEED توسط شورای ساختمان سبز ایالات متحده (USGBC)^{۲۰} توسعه داده شده است؛ LEED تحت رهبری رییس و مؤسسه رابرت واتسون^{۲۱} قصد دارد تا چارچوب خلاصه شده ای برای شناسایی و پیاده سازی راه حل های عملی و قابل اندازه گیری در طراحی، ساخت، بهره برداری و نگهداشت ساختمان سبز ارائه دهد.

ساختمانی با گواهینامه LEED، نسبت به ساختمان های سنتی به طور قابل توجهی کمتر انرژی و آب مصرف کرده، گازهای گلخانه ای کمتری هم منتشر می کند. بسیاری از مؤسسات دولتی و فدرال ملزم شده اند که برای ساختمان های جدید و بازسازی های بزرگتر از ۱۰,۰۰۰ فوت مربع شان، حداقل گواهینامه LEED نقره ای را کسب کنند. علاوه بر این، ساختمان های کوچک تر هم در حال تطبیق خودشان با استانداردهای LEED هستند. گواهینامه LEED پس از ارائه درخواستی مطابق با الزامات سیستم رتبه بندی و پرداخت هزینه های ثبت نام و صدور گواهینامه به دست می آید. گواهینامه صرفاً توسط مؤسسه گواهی ساختمان سبز (GBCI)^{۲۲} صادر می شود، که مسؤول تأیید شخص ثالث تطابق پروژه با الزامات LEED است. جزئیات بیشتر را در وب سایت www.GBCI.org مشاهده کنید.

¹⁹ Green Building Initiative

²⁰ U.S. Green Building Council

²¹ Robert K. Watson

²² Green Building Certification Institute

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

مؤسسه گواهی ساختمان سبز (GBCI) یک سازمان شخص ثالث است که نظارت مستقلی روی اعتبارنامه ها و برنامه های صدور گواهینامه مرتبط با ساختمان سبز انجام می دهد. GBCI متعهد است که دقت در طراحی، توسعه و پیاده سازی فرآیندهای اندازه گیری عملکرد ساختمان سبز (از طریق گواهی پروژه) و شیوه های ساختمان سبز (از طریق مدارک حرفه ای و گواهینامه ها) را تضمین کند. این مؤسسه در سال ۲۰۰۸ برای صدور گواهینامه ها و عناوین حرفه ای در چارچوب سیستم های امتیازدهی ساختمان سبز²³ شورای ساختمان سبز LEED آمریکا تأسیس شد و همچنان برنامه های جدیدی را توسعه داده، بر مبنای برآورده شدن یک سری معیارهای مشخص و سخت گیرانه، یک سیستم اعتبارسنجی را برای صدور گواهی ساختمان و عناوین حرفه ای ارائه می دهد.

۴.۱۲ ایمنی کارکنان، تسهیلات و قوس الکتریکی

ارتباط ایمنی و قابلیت اطمینان

کارشناس قابلیت اطمینان و ایمنی بسیاری مشاهده کرده اند که کارخانه های قابل اطمینان، کارخانه های ایمنی هستند و کارخانه های ایمن، کارخانه های قابل اطمینانی هستند. علاوه بر این، کارخانه های ایمن و قابل اطمینان معمولاً کارخانه های سودآوری هستند. ایمنی و قابلیت اطمینان در گذشته به عنوان دو عنصر جداگانه در سیستم عملیات تولید در نظر گرفته می شدند. اخیراً اثبات شده است که این دو عامل به طور فزاینده ای با یکدیگر ارتباط دارند. در واقع، ایمنی به عنوان مهم ترین ویژگی در تحلیل قابلیت اطمینان در نظر گرفته می شود.

ران مور²⁴، یکی از برجسته ترین کارشناسان نگهداشت و قابلیت اطمینان و نویسنده ای مشهور، می نویسد که بین OEE / آماده به کاری²⁵ تجهیزات و نرخ تصادفات (صدمات) در هر ۱۰۰ نفر نیروی کار، یک همبستگی قوی - همبستگی معکوسی با ضریب همبستگی ۰.۸۷- وجود دارد. اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)، حاصل ضرب قابلیت دسترسی تجهیز، کیفیت و عملکرد آن بوده، یک شاخص کلیدی قابلیت اطمینان و عملکرد عملیاتی است. این نتیجه براساس مشاهدات او و داده های بسیاری از کارخانه هایی است که برای پروژه های مشاوره ای خود از آنها بازدید کرده است.

یک مطالعه توسط باتسون، ری و کوان²⁶ در شماره اکتبر ۲۰۰۰ مجله قابلیت اطمینان²⁷ هم مشاهدات مشابهی را اعلام کرده است. این مطالعه نشان داده است که در سازمان هایی که امتیاز عملکرد نگهداشت

²³ Green Building Rating Systems™

²⁴ Ron Moore

²⁵ Uptime

²⁶ Batson, Ray, and Quan

²⁷ Reliability Magazine

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

آنها ده برابر شده است، فرکانس و شدت آسیب ها به صورت تقریباً خطی معکوس، ده برابر کاهش یافته است.

یک مشاهده دیگر در کنفرانس ژوئن ۲۰۰۳ PIMA در نیویورک گزارش شده است که به مطالعه ای توسط یکی از شرکت های بزرگ خمیر و کاغذ اشاره دارد؛ این مطالعه نشان داد زمانی که کار نگهداشت واکنشی انجام شده بود، شرکت با احتمال ۲۸٪ بیشتر در معرض وقوع حادثه قرار داشته است، نسبت به زمانی که کار نگهداشت پیش از اجرا برنامه ریزی و زمان بندی شده بود. مشاهدات خود نویسنده هم نشان دهنده وجود یک همبستگی قوی بین حوادث / صدمات ایمنی و نگهداشت واکنشی است. در یک موقعیت واکنشی، ممکن است وقت کافی برای برنامه ریزی و تفکر پیش از اقدام نداشته باشیم. طبیعت اضطراری کار واکنشی باعث می شود که کارکنان نگهداشت ریسک های غیر قابل قبولی بکنند. این مشاهدات به شدت بیانگر این است که سازمان های قابل اطمینان با شیوه های نگهداشت عالی، نرخ آسیب های کمتری خواهند داشت. همان رفتار و شیوه هایی که عملیات کارخانه را بهبود بخشیده، قابلیت اطمینان را افزایش می دهد، باعث کاهش صدمات هم می شود. بنابراین، سازمان هایی با قابلیت اطمینان بالا و عملیات ایمن، بهره ور تر و سودآورتر خواهند بود.

ایجاد فرهنگ ایمنی و فرهنگی که اهمیت می دهد

وقتی از روزان دنر^{۲۸}، معاون توسعه منابع ایمنی دوپونت، خواسته شد تا تعریف خودش از فرهنگ ایمنی را بیان کند، او گفت که یکبار همین پرسش را از یکی از همکارانش پرسیده و او پاسخ داده بود: "آنچه که افراد انجام می دهند، زمانی که کسی به آنها نگاه نمی کند." بدون شک، بخشی از واقعیت در این پاسخ وجود دارد. ولی اگر به کلمه "فرهنگ" فکر کنیم، درمی یابیم که فرهنگ درباره این است که افراد چه کارهایی انجام می دهند، چگونه با یکدیگر تعامل دارند و چگونه زندگی می کنند. وقتی این تعریف را به ایمنی اعمال می کنیم، از یک برنامه ساده خارج شده، به بخشی از وجود فرد تبدیل می شود. یک فرهنگ ایمنی فقط در سازمان و محل کار باقی نمی ماند. با ما به خانه می آید. بخشی از عنصر وجودی ما است. به عنوان مثال، من وقتی که به سمت خانه رانندگی می کنم، به طور خودکار کمربند ایمنی ام را بسته، همچنین مطمئن می شوم که همراهانم هم کمربند ایمنی شان را بسته باشند. هنگام رانندگی از تلفن همراه استفاده نمی کنم. همه این اقدامات، ادامه طبیعی دنبال کردن فرهنگ ایمنی در محل کار است.

همانطور که قبلاً بحث کردیم، قابلیت اطمینان فقط مسئولیت واحد نگهداشت نیست، بلکه همه افراد سازمان از جمله اپراتورها، برنامه ریزان، سرپرستان، طراحان، کارکنان انبار، مدیران خرید و همچنین تیم رهبری سازمان در مورد آن مسئولیت دارند. به طور مشابه، ایمنی هم فقط مسئولیت واحد ایمنی نیست. همه ما باید در برابر ایمنی خود و همکارانمان مسؤول باشیم. رهبری نقش کلیدی بازی می کند تا مطمئن

²⁸ Rosanne Danner

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

شود که ما نقش خود را در حفظ ایمنی محیط کار درک کنیم. ایمنی و قابلیت اطمینان - یک مدیریت خوب از منابع ما - باید بخشی از ارزش های اصلی سازمان باشند. رهبری باید با انجام دادن، نه فقط صحبت کردن، الگوی دیگران باشد.

فرض کنید در حال پیاده روی به سمت یک جلسه در محدوده کارخانه هستیم. در راه، یک چاله آب یا روغن روی زمین نزدیک یک ناحیه مونتاژ پیدا می کنیم. آیا باید پیش از اینکه کسی در آنجا بلغزد و آسیب ببیند، آنجا توقف کرده، مراقب شرایط باشیم؟ ما همین حالا هم دیر به جلسه می رسیم. می توانیم به راهمان ادامه دهیم و امیدوار باشیم که کسی مراقب این چاله باشد. چکار باید بکنیم؟

ساده است. **توقف کنید!** پیش از اینکه به جلسه بروید، فردی را پیدا کنید تا مراقب به این خطر بالقوه باشد. بله، دیر خواهید رسید. ولی اشکالی ندارد. از گروه جلسه عذرخواهی کرده، حقیقت (دلیل تأخیرتان) را به آنها بگویید. همچنین، در راه بازگشت، مطمئن شوید که خطر رفع شده است و کسی دارد علت ریشه ای آن را بررسی می کند. این فرهنگ ایمنی است.

بنیاد نهادن فرهنگ ایمنی باید از بالای سازمان شروع شود. با این حال، همه کارکنان مسئولیت دارند تا از رویه ها پیروی کرده، درباره چگونگی انجام کارشان فکر کنند. معمولاً ما با سازمانی شروع می کنیم که در مرحله واکنشی قرار دارد، جایی که کارکنان به حوادث واکنش نشان می دهند، به جای اینکه به راه های پیشگیری یا حذف آنها فکر کنند. پس از آن که کارکنان به این نتیجه می رسند که ایمنی برایشان مهم است و چیزی است که برایشان ارزش دارد، به مرحله استقلال می رسند. در این مرحله، آنها ایمنی را به دلیل این رعایت می کنند که خودشان می خواهند، نه به دلیل اینکه ملزم به انجام آن شده باشند. هدف نهایی، مرحله وابستگی متقابل است که در آن هر کارمند به دنبال مراقبت از دیگران باشد. این روحیه "برادر نگهبان" است. در این مرحله، هر کارمند باید به قدری در اعلام موارد ایمنی احساس راحتی کند که اگر مشکلی را مشاهده کرد، خط تولید را متوقف کند یا با مدیری وارد چالش شود که به عنوان مثال از کلاه ایمنی استفاده نمی کند.

ایالت مونتانا ای آمریکا کار منحصر به فردی برای ایجاد فرهنگ ایمنی انجام داده است. در سال ۱۹۹۳، مجلس ایالت مونتانا قانون فرهنگ ایمنی را تصویب کرد که کارکنان و کارفرمایان را تشویق می کند تا برای خلق و پیاده سازی یک فلسفه ایمنی محیط کار با یکدیگر همکاری کنند. هدف از این قانون، افزایش آگاهی در مورد ایمنی محیط کار در ذهن همه کارکنان و کارفرمایان ایالت مونتانا تا حدی است که از این لحاظ در کشور برجسته شوند. کارفرمایان وظیفه و مسئولیت دارند که در توسعه و پیاده سازی برنامه های ایمنی شرکت کنند که الزامات خاص محیط کارشان را برآورده می کند؛ به این ترتیب یک فرهنگ ایمنی برای ایجاد محیط کار ایمن برای همه نسل های آینده مردم مونتانا پایه گذاری می شود.

یک مدل فرآیندی ایمنی

رعایت یک مدل فرآیندی ساده، یکی دیگر از اجزای بسیار مؤثر یک استراتژی کلی برای بهبود ایمنی در یک سازمان است. مدل زیر بر چهار جنبه ایمنی تمرکز می کند:

۱. **رهبری.** همان طور که قبلاً گفته شد، مشارکت رهبری در ایمنی مهم است. رهبران باید با قلب و جان خود فرآیند ایمنی را رهبری و پشتیبانی کنند. آنها باید اهمیت ایمنی و همچنین ارزش و احترامی که برای کارکنان خود دارند را به دیگران انتقال دهند.

۲. **کارکنان.** سرمایه گذاری در افراد برای موفقیت بسیار مهم است. بهترین سازمان ها ابتدا سعی می کنند افراد مناسب را استخدام کنند و سپس توانایی ها و مهارت های آنها را توسعه دهند. حتماً پرسش هایی مربوط به ایمنی را در فرآیند استخدام در نظر بگیرید تا درکی از دانش نیروی کار در زمینه ایمنی به دست آورید و تعهد سازمان خود را به ایمنی به او انتقال دهید.

۳. **محیط.** اطمینان از اینکه محیط کلی ایمن است، دارایی ها و سیستم ها به درستی مراقبت می شوند، رویه های عملیاتی رعایت می شوند و از استانداردهای مهندسی پیروی می شود، بسیار ضروری است. برای تجهیزات، از ابتدای طراحی، مطالعات ایمنی انجام دهید؛ بررسی ارگونومیک کاملی پیش از نصب انجام داده، سپس به صورت سالیانه این کار را ادامه دهید. برنامه های بازرسی گسترده ای را برای اطمینان از رعایت رویه های ایمنی پایه گذاری کنید و در جستجوی فناوری های جدید برای کاهش ریسک باشید.

۴. **رفتار.** تغییر رفتار سازمانی است که یک سازمان را از خوب به کلاس جهانی تبدیل می کند. زمانی که تیم رهبری سازمان محرک اشتیاق به ایمنی باشد، فرهنگ ایمنی به لایه های پایینی و کف سازمان نفوذ کرده، نیروی کار را تشویق می کند تا به یکدیگر اهمیت دهند و هم افزایی در سازمان را تقویت کنند.

تبدیل کارکنان به رهبران ایمنی

برای موفقیت، سازمان ها باید مسیرهای شغلی را ایجاد کنند که کارکنان را به رهبران ایمنی تبدیل کرده، اطمینان حاصل کنند که همه به اندازه کافی آموزش دیده اند و دارای انگیزه – نه تنها برای موفقیت، بلکه برای فراتر رفتن از انتظارات – هستند. کارکنان مربی هایی داشته باشند تا به آنها برای مشارکت در فرآیند ایمنی کمک کنند. همچنین، سازمان باید محیط و فرهنگی ایجاد کند که باور داشته باشد که هر کارمند می تواند یک محیط کاری بدون بیماری و آسیب را ایجاد و حفظ کند. نتیجه این سرمایه گذاری، ایجاد احساس مالکیت در نیروی کار نسبت به فرآیند ایمنی و تغییر فرهنگ سازمان از فرهنگ مستقل به فرهنگ هم افزایی خواهد بود. تغییر فرهنگ می تواند محرک کارکنان برای حذف رفتارها و شرایط ناایمن و تمرکز بر حذف همه صدمات، به جای فقط برآورده کردن الزامات قانونی، باشد.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

طبق گفته سازمان OSHA، زمانی که فرهنگ ایمنی یک شرکت قوی باشد، "همه در مورد ایمنی احساس مسئولیت داشته، آن را به صورت روزانه دنبال می کنند؛ کارمندان فراتر از وظایف خود می روند تا شرایط و رفتارهای نایمن را شناسایی کرده، برای اصلاح آنها مداخله کنند." در نظر داشته باشید که اصول ایمنی زیر را در سراسر کارخانه / تأسیسات قرار دهید تا به کارکنان یادآوری شود که سازمان بر ایمنی تأکید دارد:

۱. هر شخصی می تواند و باید با رفتارها و شرایط نامناسب مواجه شود. هیچ کس اجازه ندارد به چنین هشداری بی توجه باشد.
۲. از هیچ کس انتظار نداریم که کاری را انجام دهد یا دستوری را بپذیرد که باور دارد برای خودش یا دیگران نایمن است؛ یا شرایط نایمنی ایجاد می کند، بدون توجه به این که چه کسی این دستور را داده است.
۳. هر کسی که احساس می کند یک فرآیند نایمن است، آن فرآیند را متوقف کرد، با یک تیم مناسب کار می کند تا شرایط ایمن ایجاد کند.

بزرگ ترین دارایی هر سازمانی کارکنانش است؛ حفاظت از آنها در برابر بیماری ها و صدماتی که ممکن است در محیط کار ایجاد شود، برای موفقیت سازمان مهم است. بهره برداری از یک تأسیسات عاری از آسیب های شغلی، دیگر یک رؤیا نیست. بسیاری از محیط های کاری، نه تنها برای یک سال بلکه برای چندین سال متوالی، به این موفقیت رسیده اند. ایجاد یک محیط کاری بدون بیماری و آسیب با یک تصمیم حیاتی شروع می شود: تبدیل ایمنی به یک ارزش اصلی.

بسیاری از سازمان ها مانند دوپونت، کیمبرلی - کلارک^{۲۹}، هارلی - داویدسون^{۳۰}، جنرال میلز^{۳۱}، میلیکن^{۳۲} و ژاکوبز اینجینیئرینگ^{۳۳} فرهنگ ایمنی را در سازمان های خود ایجاد کرده اند. آنها توانسته اند نرخ صدمات و حوادث را به کمتر از ۱ در هر ۱۰۰ کارمند کاهش دهند. در واقع، هدف آنها صفر صدمه است. ژاکوبز این ابتکار جدید خود را "فراتر از صفر" نامیده است تا "فرهنگ مراقبت" ایجاد کند. این نتایج می تواند ویژگی فرهنگی باشد که ایمنی را با آغوش باز می پذیرد و با توانمندسازی کارکنان، آنها را به حفظ تعهدشان به ایمنی در هر کاری که انجام می دهند، تشویق می کند. کلید موفقیت در اینجا برقراری یک فرهنگ مبتنی بر ایمنی است که از بالا شروع می شود.

²⁹ Kimberly-Clark

³⁰ Harley-Davidson

³¹ General Mills

³² Milliken

³³ Jacobs Engineering

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

در یک سخنرانی اخیر در کنفرانس بین المللی نگهداشت (IMC)^{۳۴}، بارت جونز^{۳۵}، مدیر بهره برداری و نگهداشت تأسیسات آتا-ژاکوبز^{۳۶} در مرکز (تست) مهندسی و توسعه آرنولد^{۳۷}، دیدگاه خود را در مورد فرهنگ مراقبت به این شکل توضیح داد:

"... وقتی که اعضای خانواده کاری من (کارکنان) هر روز به خانه می روند، می خواهم آنها، نه تنها از نظر جسمی، بلکه از منظر روانی هم بهتر از وقتی باشند که به محل کارشان آمدند. کار بسیار مهم است، ولی مهم ترین چیز در زندگی ما نیست..."

"این هدف تنها زمانی قابل دستیابی است که به همان اندازه که به همسر، پدر و مادر، فرزندان و پدربزرگ و مادربزرگ خود فکر می کنیم، به خانواده کاری خود هم فکر کنیم. زمانی که شروع می کنیم از خودمان بپرسیم که آیا می خواهیم دخترمان را در محیط کاری فعلی ببینیم یا آیا مادربزرگ خود را برای انجام کاری می فرستیم که در حال انجام آن هستیم، آنگاه واقعا به چیزی رسیده ایم که فرهنگ مراقبت در مورد آن است؛ احترام، رفتار با یکدیگر به عنوان خانواده و مراقبت واقعی از همه جوانب زندگی افرادی که با آنان کار می کنیم و پیامدهای تصمیم هایمان بر زندگی آنان. این طرز فکر به یک دیدگاه کاملاً جدید در رابطه با قابلیت اطمینان، ایمنی و قابلیت نگهداشت در میان بسیاری از حوزه های دیگر ترجمه می شود. ما شروع می کنیم تا به طراحی تجهیزات با در نظر گرفتن ایمنی و قابلیت نگهداشت (ارگونومی) نگاه کنیم. فرایندها و رویه های عملیات و نگهداشت خود را ارزیابی خواهیم کرد تا از بروز ریسک های غیرضروری جلوگیری کنیم؛ و اطمینان حاصل کنیم که افراد ما درک کرده اند که همه ما مسؤولیتی در قبال یکدیگر داریم.

بارت با شور و حرارت بسیار به این موضوع پرداخته است. این دیدگاه او در اقداماتش برای برنامه هایی که در آتا - ژاکوبز اجرا می کند، آشکار است. او به دلیل تجربه شخصی خود، از صمیم قلبش صحبت می کند. بارت برادر ۲۳ ساله خود را در یک حادثه صنعتی از دست داد و به طور دست اول می داند که چگونه یک آسیب، روی شبکه گسترده ای از دوستان و خانواده برای باقیمانده عمرشان تأثیر می گذارد. طبق گفته روزان دنر از شرکت دوپونت، دلایل متداولی که سازمان ها در توسعه فرهنگ ایمنی شکست می خورند، شامل موارد زیر است:

۱. کمبود تعهد از سمت رهبری و مدیریت. فرهنگ ایمنی باید با تعیین چشم انداز درست از

جایی که می خواهیم باشیم، توسط مدیرعامل شروع شود. مدیرعامل باید بگوید که: "ما به این روش کار می کنیم". ایمنی باید بخشی از اندازه گیری عملکرد باشد. مسأله، انتخاب بین درآمدزایی یا ایمنی نیست، بلکه هر دو باید مد نظر باشند. این تعهد باید به مدیران لایه هایی پایین تر سازمان هم تسری

³⁴ International Maintenance Conference

³⁵ Bart Jones

³⁶ ATA-Jacobs

³⁷ Arnold Engineering and Development (Test) Center

پیدا کند. اگر مدیران خط تولید به چیز نایمینی برخورد کرده، به آن اهمیت ندهند و آن چیز دوباره اتفاق بیفتد، این رویه به روش قابل قبولی برای کار کردن تبدیل می شود؛ به عنوان استاندارد جدید پذیرفته می شود. اگر چیزی از نظر مدیر مهم نباشد، کارکنان هم به آن توجه نخواهند کرد.

۲. ناسازگاری در روش و محل اعمال ایمنی. مدیریت باید رویه های مناسب را پیاده کرده، به طور مداوم آنها را دنبال کند. ممکن است همه جلسات داخلی و خارجی را با یک پیام یا محتوا درباره ی ایمنی شروع کنند. ممکن است این پیام ها توصیه ای برای دقت مستمر به محیط پیرامونی و تفکر درباره اقداماتی باشند که در شرایط مختلف انجام می شوند.

۳. از دست دادن تمرکز. پیاده سازی فرهنگ ایمنی یک اقدام یک شبه نیست. اگر این کار به درستی انجام شود، ممکن است زودتر شاهد تغییرات در نرخ حوادث شغلی باشیم، ولی جا افتادن آن در سازمان زمان بر است. نباید اجازه دهیم که نتایج سریع باعث از دست رفتن تمرکز بلند مدت مان شود.

پیاده سازی یک خط مشی ایمنی برای هر سازمانی باید یک اولویت اصلی باشد. کارکنان باید تشویق شوند تا هر شرایط نایمینی را گزارش کنند و آموزش ببینند که چگونه در شرایط اضطراری واکنش نشان دهند. هدف اصلی خط مشی ایمنی محیط کار، ایجاد این تفکر است که مسئولیت ایجاد و حفظ یک محیط کار ایمن بر عهده همه کارکنان است.

خطرات قوس الکتریکی^{۳۸}

یک حوزه خاص از ایمنی که باید توسط تقریباً هر سازمانی که از تجهیزات الکتریکی خود نگهداری می کند، مورد توجه قرار گیرد، ایمنی قوس الکتریکی است. داده های سازمان آمار کار نشان می دهد که بین سال های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲، حوادث الکتریکی در محیط کار، ۳۳۷۸ تن را کشته و ۴۶۵۹۸ نفر دیگر را دچار جراحت های غیرمهلک کرده است. حدود ۵٪ از کل مرگ و میر در محیط کار به تجهیزات الکتریکی مربوط است. این آمار در مطالعه دیگری با حضور بیش از ۱۲۰۰۰۰ نیروی کار تأیید شد؛ این مطالعه نشان داد که آسیب های قوس الکتریکی بزرگ ترین دسته از کل آسیب های الکتریکی ثبت شده را تشکیل می دهند. قوس الکتریکی مسؤول قسمت قابل توجهی از کل مرگ و میر و آسیب های الکتریکی است. همان طور که توسط IEEE و انجمن ملی محافظت از حریق آمریکا (NFPA)^{۳۹} تعریف شده است، قوس الکتریکی، یک جریان الکتریکی قوی - و گاهی یک انفجار کامل^{۴۰} است - که از طریق هوا عبور می کند، زمانی که عایق کاری بین رساناهای برق دار یا بین یک رسانای برق دار و زمین برای حفظ ولتاژ

³⁸ Arc Flash

³⁹ National Fire Protection Association

⁴⁰ full-blown explosion

بین آنها کافی نباشد. این مشکل در عایق کاری، یک "مسیر کوتاه"^{۴۱} ایجاد می کند که به الکتریسیته اجازه می دهد از رسانایی به رسانای دیگر برود؛ و به هر نیروی کاری که در نزدیکی آن ایستاده باشد، آسیب جدی وارد می کند. قوس الکتریکی شبیه تخلیه الکتریکی رعد و برق است و در زمان ۰/۰۰۱ ثانیه حرارتی حدود ۳۵۰۰۰ درجه فارنهایت (۱۹۴۲۷ درجه سانتیگراد) ایجاد می کند، که گرم تر از دمای سطح خورشید است. هر کسی که بدون تجهیزات حفاظت شخصی (PPE)^{۴۲} کافی در معرض این انفجار یا حرارت باشد، شدیداً زخمی و اغلب کشته می شود.

قوس الکتریکی می تواند خسارت قابل توجهی، آتش سوزی یا صدمه انسانی ایجاد کند. انرژی بزرگی که در فرآیند خرابی آزاد می شود، فوراً رساناهای فلزی را بخار کرده، باعث انفجار فلزات مذاب شده، با نیروی بسیار زیادی پلازما را به بیرون منبسط می کند. نتیجه این حادثه شدید می تواند نابودی تجهیزات درگیر با آن و اطراف آن، آتش سوزی و زخمی کردن نه تنها نیروی کار، بلکه افراد اطراف آن نیز باشد. معمولاً یک آتش حدود ۵۰٪ حرارت همرفتی^{۴۳} (شعله) و ۵۰٪ حرارت تابشی تولید می کند. یک قوس الکتریکی می تواند تا ۹۰٪ حرارت تابشی داشته باشد. این سطح از حرارت تابشی می تواند بدون وجود شعله هم سوختگی شدیدی ایجاد کند. علاوه بر انفجار مهیب حاصل از یک چنین نقصی، حرارت تابشی شدید تولید شده توسط قوس الکتریکی هم خرابی گسترده ای ایجاد می کند. قوس پلاسمای فلزی، مقدار بسیار زیادی انرژی نوری را از مادون قرمز دور تا فرابنفش تولید می کند. سطوح افراد و اشیای نزدیک، این انرژی را جذب کرده، بلافاصله تا دماهای تبخیر گرم می شوند. اثرات این پدیده روی دیوارها و تجهیزات مجاور، که اغلب به دلیل تاثیرات تابشی، کندگی ها و ساییدگی هایی دارند، قابل مشاهده است.

علل و خسارات قوس الکتریکی

قوس های الکتریکی می توانند به دلیل مجموعه ای از عوامل ایجاد شوند، مانند زمانی که:

- کارکنان به اشتباه فکر می کنند که تجهیزات خاموش شده اند و در حالت برق دار شروع به کار با آنها می کنند.
- کارکنان ابزارها یا قطعات را به طور نادرست روی یک سیستم برق دار رها می کنند؛ یا به طور نادرست از آنها روی تجهیزات برق دار استفاده می کنند.
- گرد و غبار، آب یا سایر آلاینده ها جمع شده، باعث خرابی عایق می شوند.
- اتصالات شل شده، دمای بیش از حد تولید می کنند، دما به محدوده فرار رسیده، شکست اتفاق می افتد.

⁴¹ short cut

⁴² Personal Protective Equipment

⁴³ convective

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

قوس الکتریکی خطرناک می تواند در هر دستگاه الکتریکی، بدون توجه به ولتاژ آن اتفاق بیفتد، اگر انرژی آن دستگاه به مقدار کافی برای حفظ قوس الکتریکی برسد. مکان هایی که احتمال ایجاد این پدیده در آنها وجود دارد، عبارتند از:

- تابلوهای برق و جعبه تقسیم ها
- مراکز کنترل موتور
- سویچ گیرهای دارای پوشش فلزی
- ترانسفورماتورها
- راه اندازهای موتور و کابینت های درایو موتور
- فیوزهای قطع
- هر جایی که احتمال شکست تجهیزات الکتریکی وجود داشته باشد

قرار گرفتن در معرض قوس الکتریکی، منجر به طیف وسیعی از جراحات جدی و در بعضی موارد مرگ می شود. حتی کارکنانی که در فاصله ده فوتی (بیش از ۳ متری) یا بیشتر نسبت به مرکز قوس الکتریکی بوده اند هم دچار جراحت شده اند. آسیب های نیروی کار می تواند شامل آسیب به شنوایی، بینایی و سوختگی شدیدی باشد که نیاز به سال ها پیوند پوست و توان بخشی داشته باشد. امواج فشاری [حاصل از قوس الکتریکی] هم می توانند قطعاتی مانند فلزات ذوب شده، قطعات تجهیزات آسیب دیده، ابزارها و سایر اشیاء را از طریق هوا پرتاب کنند.

بعضی از کارکنانی که در معرض ریسک خطرات قوس الکتریکی هستند، شامل تکنیسین های مکانیک، برق کارها و کارکنان تهویه مطبوع هستند. خطرناک ترین کارهای [مرتبط با قوس الکتریکی] شامل موارد زیر هستند:

۱. برداشتن یا نصب سویچ های قطع جریان یا فیوزها
۲. کار روی مدارهای کنترل با بخش های برق دار بدون حفاظ
۳. باز کردن یا بستن سویچ های قطع جریان یا فیوزها
۴. اجرای اتصال به زمین ایمنی
۵. برداشتن پوشش های تابلوهای برق

به دلیل خطرات انفجارهای الکتریکی، OSHA اکنون به طور قانونی از کارفرماها می خواهد که از شیوه های پیشنهادی NFPA برای محافظت از نیروی کار در برابر خطرات قوس الکتریکی پیروی کنند. استانداردهای OSHA 1910.132(d) و OSHA 1926.28(a) بیان می کنند که کارفرما مسؤول ارزیابی خطرات محیط کار است؛ باید تجهیزات حفاظت فردی مناسب را انتخاب، تهیه و استفاده کرده، ارزیابی خطرات را مستندسازی کند. اگرچه OSHA به طور مستقیم استاندارد NFPA 70E را الزام نمی کند، ولی

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

آن را به عنوان یک شیوه صنعتی شناخته شده در نظر می گیرد. همچنین، بازرسان الکتریکی اکنون الزامات برچسب گذاری جدید مطابق با کد الکتریکی ملی (NEC)⁴⁴ ۲۰۰۸ را الزام می کنند. پایبندی به OSHA شامل رعایت یک طرح شش مرحله ای است:

۱. هر تأسیساتی باید یک برنامه ایمنی با مسؤولیت های تعریف شده تهیه و ارائه کند.
۲. مرزهای حفاظتی در برابر شوک و قوس الکتریکی را تعیین کند.
۳. البسه حفاظتی (PC)⁴⁵ و تجهیزات حفاظت فردی را مطابق استاندارد ANSI فراهم کند.
۴. نیروی کار را در خصوص خطرات قوس الکتریکی آموزش دهد.
۵. ابزار مناسب به منظور کار ایمن را فراهم کند.
۶. برچسب هشدار روی تجهیزات نصب کند. توجه کنید که برچسب ها توسط صاحبان تجهیزات، نه تولیدکنندگان آنها، فراهم می شوند.

پیشگیری از قوس الکتریکی

نگهداشت پیشگیرانه، آموزش نیروی کار و یک برنامه ایمنی اثربخش می توانند احتمال قوس الکتریکی را به شدت کاهش دهند. نگهداشت پیشگیرانه باید به صورت مداوم انجام شود تا عملیات ایمن را تضمین کند. به عنوان بخشی از یک برنامه نگهداشت پیشگیرانه، تجهیزات باید به طور کامل تمیز شده، بازرسی های مداوم توسط کارکنان واجد شرایطی انجام شود که چگونگی کشف اتصالات لق، ترمینال های بیش از حد داغ شده، تغییر رنگ عایق ها و کنتاکتورهای دچار خوردگی حفره ای را می دانند. یک برنامه نگهداشت پیشگیرانه جامع باید شامل موارد زیر باشد:

۱. استفاده از ترمینال های مقاوم در برابر خوردگی و عایق نمودن بخش های فلزی در معرض هوای آزاد، در صورت امکان
۲. آب بند کردن همه بخش های باز تجهیزات، برای جلوگیری از نفوذ جانوران جونده و پرندگان
۳. اطمینان از اینکه همه رله ها و کلیدها به درستی تنظیم شده اند و عمل می کنند
۴. استفاده از فناوری های CBM مانند فروسرخ و آلتراسونیک، در صورت امکان

برای انتخاب تجهیزات حفاظت فردی مناسب، باید انرژی حادثه در هر نقطه ای که ممکن است نیروی کار روی تجهیزات برق دار شده کار انجام دهند، شناخته شده باشد. این محاسبات باید توسط نیروی واجد شرایطی مانند یک مهندس برق انجام شود. هر قسمتی از بدن که ممکن است در معرض خطر قوس الکتریکی قرار بگیرد، باید با تجهیزات حفاظت فردی از نوع و کیفیت مناسب، پوشیده شود.

⁴⁴ National Electric Code

⁴⁵ Protective Clothing

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

بهترین روش پیشگیری، کاهش خطر قوس الکتریکی با طراحی بهینه است. سه عامل کلیدی، شدت حادثه قوس الکتریکی روی کارکنان را تعیین می کنند. این عوامل شامل مقدار جریان خطا^{۴۶}، ی موجود در یک سیستم، زمان خطا تا ظهور قوس الکتریکی و فاصله فرد از قوس هستند. می توانیم در طراحی و پیکربندی تجهیزات از گزینه های مختلفی استفاده کنیم تا روی این عوامل تأثیر گذاشته، در نتیجه خطر قوس الکتریکی را کاهش دهیم.

۱. **جریان خطا** را می توان با استفاده از دستگاه های محدود کننده جریان، مانند مقاومت های اتصال زمین یا فیوزها، محدود کرد. اگر جریان خطا به ۵ آمپر یا کمتر محدود شود، بسیاری از خطاهای زمینی به طور خودکار متوقف شده، به خطاهای فاز به فاز تبدیل نمی شوند.

۲. **زمان قوس الکتریکی** می تواند با تنظیم موقت دستگاه های حفاظت بالادستی در نقاط تنظیم^{۴۷} پایین تر در دوره های نگهداشت یا با استفاده از همبندی منطقه ای^{۴۸} (ZSIP) کاهش یابد.

۳. **فاصله** می تواند با به کار گیری اپراتورهای از راه دور یا ربات ها برای انجام فعالیت هایی که با ریسک بالای حوادث قوس الکتریکی همراه هستند، مانند رک بندی سوییچ های قطع جریان در یک باس برق دار، کاهش یابد. فاصله ای از منبع یک قوس الکتریکی که داخل آن فردی بدون استفاده از تجهیزات حفاظت فردی دچار هیچ گونه سوختگی درجه دو نخواهد شد، به عنوان "مرز حفاظت قوس الکتریکی" شناخته می شود. افرادی که تجزیه و تحلیل خطر قوس الکتریکی را انجام می دهند، باید این مرز را تعیین کرده، سپس باید تعیین کنند که باید چه نوع تجهیزات حفاظت فردی داخل مرز حفاظت قوس الکتریکی پوشیده شوند.

۵.۱۲ مدیریت ریسک

مدیریت ریسک چیست؟

ریسک، احتمال بالقوه ای است که یک اقدام یا فعالیت انتخابی منجر به یک اتلاف، رویداد یا نتیجه نامطلوب شود. ما در زندگی روزمره خود ریسک هایی می کنیم. هر کار یا فعالیتی را که در محیط کار، منزل یا زندگی شخصی خود انجام می دهیم، مانند رانندگی به محل کار، تعمیر یک دستگاه، شرکت در یک سرمایه گذاری یا پروژه جدید، سطح مشخصی از ریسک را قبول می کنیم. ما به طور ناخود آگاه در ذهن مان ریسک و مزایای آن را ارزیابی کرده، براساس آن اطلاعات، کارهایی را انجام می دهیم که باور

⁴⁶ fault current

⁴⁷ set points

⁴⁸ zone interlocking

داریم که سطح مزایای آنها بیشتر از ریسکشان است. به عنوان مثال، ما می‌دانیم که اگرچه ممکن است راندگی خطرناک باشد، ولی در کمترین زمان ما را به محل کار یا مکان هایی که می‌خواهیم، می‌رساند. همچنین، ما به صورت تاریخی می‌دانیم که اگر قوانین و مقررات جاده ای، مانند استفاده از کمربند ایمنی و محدودیت سرعت را رعایت کنیم، احتمال اتفاق افتادن یک حادثه خودرویی به طور معقولی کم است. با این حال، ما گاهی قوانین را رعایت نمی‌کنیم، ریسک‌ها را دست‌کم یا نادیده می‌گیریم یا صرفاً به دلایل مختلفی از آنها صرف نظر می‌کنیم، که به نتایج نامطلوبی منجر می‌شود. ریسک‌ها ممکن است ناشی از عدم قطعیت در شکست پروژه (در هر مرحله ای از چرخه عمر یک دارایی / سیستم، شامل توسعه، بهره‌برداری و پشتیبانی)، مسؤولیت‌های قانونی، حوادث عملیاتی، علل و فجایع طبیعی و همچنین حمله عمدی از سوی یک دشمن یا رویدادهایی با علت ریشه‌ای نامعلوم، باشند. ریسک به طور رسمی به عنوان ترکیبی از احتمال وقوع یک رویداد و پیامدهای آن تعریف می‌شود (ISO/IEC Guide 73). در همه کارهایی که انجام می‌دهیم، احتمال بالقوه ای برای وقوع رویدادها و پیامدهای آنها وجود دارد که فرصت‌هایی برای بهره‌مندی از مزایای آنها یا تهدیداتی برای موفقیت را تشکیل می‌دهند. پرسش‌هایی درباره اینکه ما چگونه این عدم قطعیت‌ها (ریسک‌ها) را مدیریت می‌کنیم، پیش می‌آید. چندین راهنما و استاندارد مدیریت ریسک توسعه داده شده‌اند، از جمله آنهایی که توسط انجمن مدیریت پروژه⁴⁹ (PMI)، انجمن‌های آماری و استانداردهای ایزو تهیه شده‌اند. روش‌ها، تعاریف و اهداف به شدت وابسته به این است که روش مدیریت ریسک در زمینه مدیریت پروژه، امنیت، مهندسی، فرآیندهای صنعتی، دارایی‌های مالی، ارزیابی‌های آماری یا بهداشت و ایمنی عمومی استفاده می‌شود. **مدیریت ریسک** به عنوان تکنیکی شناخته می‌شود که به هر دو جنبه مثبت و منفی ریسک توجه می‌کند. در زمینه ایمنی، ریسک به عنوان یک خطر شناخته شده، عموماً پیامدهای منفی را در نظر می‌گیرد. در نتیجه، مدیریت ریسک ایمنی بر تقلیل و پیشگیری از این خطرات تمرکز دارد.

استانداردهای ایزو ۳۱۰۰۰

یک سازمان ممکن است در مدیریت مناسب رویدادهای آینده از استراتژی‌هایی مانند پذیرش ریسک، اجتناب از ریسک، نگهداری ریسک^{۵۰}، انتقال ریسک^{۵۱} یا هر استراتژی دیگری (یا ترکیبی از استراتژی‌ها) استفاده کند.

ایزو ۳۱۰۰۰ قرار است خانواده ای از استانداردهای مرتبط با مدیریت ریسک باشد که توسط سازمان بین‌المللی استانداردسازی منتشر می‌شود. خانواده ایزو ۳۱۰۰۰ شامل موارد زیر است:

⁴⁹ Project Management Institute

⁵⁰ risk retention

⁵¹ risk transfer

- ایزو ۳۱۰۰۰:۲۰۰۹ – اصول و راهنماهای پیاده سازی
- ایزو ۳۱۰۱۰:۲۰۰۹ – مدیریت ریسک – تکنیک های ارزیابی ریسک
- ISO/IEC Guide 73: 2009 – مدیریت ریسک – واژگان

ایزو ۳۱۰۰۰:۲۰۰۹ یک استاندارد بین المللی جدید است که ریسک را به عنوان اثر عدم قطعیت روی اهداف، چه مثبت و چه منفی، تعریف می کند. این استاندارد یک چارچوب عمومی برای تعیین محیط شناسایی، تجزیه و تحلیل، ارزیابی، روش برخورد، پایش و ارتباطات ریسک فراهم می کند. استاندارد ایزو ۳۱۰۰۰:۲۰۰۹ راهنماهایی برای طراحی، پیاده سازی و نگهداری فرآیندهای مدیریت ریسک در سراسر یک سازمان ارائه می دهد. این رویکرد به رسمی سازی شیوه های مدیریت ریسک، برای سازمان هایی که به استاندارد مدیریت ریسک در سطح شرکت نیاز دارند، امکان اقتباس بیشتری را فراهم می کند.

هدف

هدف مدیریت ریسک، پیشگیری، کاهش یا کنترل تأثیرات آینده رویدادهای نامطلوب در برابر واکنش نشان دادن به رویدادهای ناخواسته پس از وقوع آنها است. کاهش هر ریسک احتمالی ممکن نیست و به دلیل محدودیت منابع، امری غیرعملی است. بنابراین، مدیریت ریسک اثربخش نیاز به فرآیندی دارد که مشخص کند کدام ریسک ها قابل اقدام هستند و می توان آنها را کاهش داد و کدام ریسک ها غیر قابل اقدام هستند یا باقی می ماند و نمی توان آنها را کاهش داد. این ریسک ها باید در عوض، کنترل (اگر به موقع شناسایی شوند)، پایش یا به منظور پذیرش توسط مقام صلاحیت دار، منتقل شوند.

فرآیند مدیریت ریسک

مدیریت ریسک باید یک بخش اصلی از مدیریت استراتژیک هر سازمانی باشد. در این فرآیند، سازمان ها به طور روش مندی با ریسک های مرتبط با فعالیت هایشان برخورد می کنند تا هدف رسیدن به مزایای پایدار در هر فعالیت و در همه فعالیت های سازمان را امکان پذیر کنند. تمرکز مدیریت ریسک خوب، شناسایی و تدبیر این ریسک ها است. هدف آن، افزودن حداکثر ارزش پایدار به همه فعالیت های سازمان است. این کار باعث می شود که نتایج مثبت و منفی بالقوه ی همه ی عواملی که می توانند بر سازمان تأثیر بگذارند، درک شود. این کار، احتمال موفقیت را افزایش داده، احتمال شکست و عدم قطعیت در دستیابی به اهداف کلی سازمان را کاهش می دهد.

یک فرآیند مدیریت ریسک اثربخش باید از سطوح پایین سازمان آغاز شروع شده، افراد در همه ی سطوح سازمان به همکاری در آن تشویق شوند. به طور خاص، مشارکت فعال توسط متخصصان موضوع و ذی نفعان در آن بسیار مهم است. همچنین، موفقیت فرآیند شناسایی و کاهش صحیح ریسک، نیازمند حمایت کامل زنجیره مدیریتی سازمان است. برای اطمینان از موفقیت این فرآیند، مالک دارایی، مدیر یا مدیر

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

پروژه باید به عنوان مسؤول مدیریت صحیح ریسک شناخته شده، مسؤولیت ریسک های باقیمانده قابل قبول را بر عهده داشته باشد. برای ایجاد محیطی برای مباحثه آزاد و باز، رهبری قوی در میان همه ی ذی نفعان مرتبط لازم است.

مدیریت ریسک باید فرآیندی پیوسته در حال توسعه باشد، که در سراسر استراتژی سازمان و پیاده سازی آن استراتژی استفاده شود. این فرآیند باید به صورت روش مندی به همه ی ریسک های مرتبط با فعالیت های سازمان، در گذشته، حال و به ویژه آینده، که ممکن است باعث به خطر افتادن دستیابی سازمان به اهداف مهمش شوند، پردازد. این فرآیند باید با یک سیاست اثربخش، بخشی از فرهنگ سازمان شود. هر ریسک را می توان به صورت پایین، متوسط، جدی یا بالا دسته بندی کرد. دسته بندی ریسک براساس احتمال وقوع و پیامدی که ممکن است داشته باشد، انجام می شود. کنترل و مدیریت هر ریسک باید به شخص مناسبی ارجاع داده شود. مالک ریسک مسؤول هماهنگی برای بررسی اولیه ریسک به منظور تعیین این است که آیا آن ریسک قابل اقدام و قابل کاهش هست یا نه. برای هر ریسک قابل اقدام باید یک برنامه کاهش مناسب تدوین شود. ریسک های غیرقابل اقدام را نمی توان کاهش داد؛ باید به عنوان ریسک های باقیمانده دسته بندی شده، توسط مرجع صلاحیت داری پذیرفته شوند. هدف این است که همه ریسک های باقیمانده ی مهم آن قدر زود شناسایی شوند که، در صورت امکان، احتمال وقوع آنها کنترل شود. برای هر ریسک باقیمانده مهم، باید یک برنامه کنترل عملی تدوین شده، مرجع مناسب برای پذیرش ریسک مشخص شود.

ارزیابی ریسک

مشکل اساسی در ارزیابی ریسک، تعیین نرخ وقوع آن است، زیرا ممکن است اطلاعات آماری در مورد همه دسته های حوادث گذشته در دسترس نباشد. علاوه بر این، ارزیابی شدت پیامدها (تأثیر) برای دارایی های ناملموس، اغلب بسیار دشوار است. ارزش گذاری دارایی هم پرسش دیگری است که باید به آن پرداخته شود. بنابراین، نظرات بهترین افراد آموزش دیده و آمارهای در دسترس، منابع اصلی اطلاعات هستند. با این حال، ارزیابی ریسک باید مجموعه اطلاعات کاربردی را برای مدیریت سازمان تولید کند، به گونه ای که ریسک های اصلی به سادگی قابل فهم باشند و تصمیم های مدیریت ریسک اولویت بندی شده باشند. نظریه ها و تلاش های متنوعی برای کمی کردن ریسک ها وجود دارند. فرمول های گوناگون زیادی برای محاسبه ریسک وجود دارند، ولی شاید فرمولی که بیشترین پذیرش و کاربرد را در ارزیابی ریسک دارد، عبارت است از:

شاخص ریسک (مقدار) = پیامد (تأثیر) × رویداد ریسک × احتمال وقوع آن

شکل ۱.۱۲ مثالی از یک ماتریس ریسک است که به ما اجازه می دهد ریسک های بالقوه را در دو بعد، یعنی احتمال وقوع و پیامد (تأثیر)، رتبه بندی کنیم.

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

تأثیر رویداد ریسک معمولاً با مقیاس ۱ تا ۵ ارزیابی می شود، به طوری که ۱ و ۵ حداقل و حداکثر تأثیر ممکن رخداد یک ریسک را نشان می دهند (معمولاً برحسب خسارت های مالی). با این حال، این مقیاس ۱ تا ۵ اختیاری است؛ لازم نیست که حتماً مقیاس خطی داشته باشد.

احتمال وقوع نیز معمولاً روی مقیاسی از ۱ تا ۵ ارزیابی می شود، به طوری که ۱ احتمال بسیار کم وقوع ریسک و ۵ احتمال بسیار بالای آن را نشان می دهند. این محور ممکن است با استفاده از واژگان ریاضی (رویداد یک بار در سال، یک بار در ده سال، یک بار در ۱۰۰ سال و غیره اتفاق می افتد) یا با "زبان ساده" (رویداد در اینجا اغلب اوقات اتفاق می افتد، رویداد در اینجا شناخته شده است، رویداد در صنعت شناخته شده است و غیره) بیان شود. در اینجا هم مقیاس ۱ تا ۵ اختیاری است؛ می تواند بسته به تصمیم متخصصان موضوع، خطی یا غیر خطی باشد.

در صنایع گوناگون، از ماتریس های ریسک مختلفی استفاده می شود که می توانند از بزرگی ۳x۳ تا ۶x۶ داشته باشند. ماتریس ریسک ۵x۵ عموماً به عنوان ماتریس ریسک استاندارد شناخته می شود، ولی ماتریس های ریسک دیگر هم به طور گسترده استفاده می شوند، مانند ماتریس ریسک ایمنی سیستم ۴x۵ مطابق با استاندارد MIL-STD-882.

بنابراین، شاخص ریسک می تواند عددی بین ۱ تا ۲۵ (عموماً) داشته باشد؛ این محدوده معمولاً به صورت اختیاری به سه زیرمحدوده تقسیم می شود. سپس ارزیابی کلی ریسک در سه دسته ی کم، متوسط یا بالا انجام می شود، که به زیرمحدوده شامل مقدار محاسبه شده شاخص ریسک بستگی دارد. به عنوان مثال، سه زیرمحدوده می توانند به عنوان ۱ تا ۸، ۹ تا ۱۶ و ۱۷ تا ۲۵ تعریف شوند. برای توسعه جدول / نمودار تأثیر و احتمال ریسک، مراحل زیر را انجام دهید:

۱. همه ریسک های احتمالی که دارایی / سیستم یا پروژه با آن روبرو است را فهرست کنید. لیست را تا حد امکان جامع تهیه کنید.

۲. احتمال وقوع هر ریسک را ارزیابی کنید و به آن نمره ای اختصاص دهید. به عنوان مثال، از مقیاس ۱ تا ۵ استفاده کنید. نمره ۱ را به ریسکی که احتمال آن بسیار کم است و نمره ۵ را به ریسکی که بسیار محتمل است، اختصاص دهید.

۳. تأثیر ریسک روی دارایی / سیستم یا پروژه را در صورت وقوع آن تخمین بزنید. باز هم برای هر ریسک در لیست این کار را انجام دهید. از مقیاس ۱ تا ۵ استفاده کرده، نمره ۱ را به تأثیر کم و نمره ۵ را به تأثیر زیاد و فاجعه بار اختصاص دهید.

۴. رتبه بندی ها را در نمودار تأثیر / احتمال ریسک پیاده سازی کنید.

۵. برای هر ریسک، براساس موقعیت آن در نمودار، پاسخ مناسبی تهیه کنید. به یاد داشته باشید که ریسک های در گوشه پایین سمت چپ اغلب می توانند نادیده گرفته شوند، در حالی که ریسک های در گوشه بالا سمت راست نیاز به زمان و توجه زیادی دارند.

ماتریس ارزیابی ریسک

۵	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
۴	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰
۳	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
۲	۲	۴	۶	۸	۱۰
۱	۱	۲	۳	۴	۵
	۱	۲	۳	۴	۵

عنوان: ۱-۱۲

پیامدها

موضوع
۱-۱۲

شکل ۱-۱۲ - مثالی از یک ماتریس ریسک

کاهش ریسک

زبان
۱-۱۲

هنگامی که ریسک ها شناسایی و ارزیابی شدند، همه تکنیک های مدیریت ریسک، در یک یا چند دسته بندی اصلی تحت عنوان ACAT قرار می گیرند:

- اجتناب^{۵۲} (حذف یا عدم انجام آن فعالیت)
- کنترل^{۵۳} (بهینه سازی، کاهش یا مدیریت ریسک)
- پذیرش^{۵۴} (قبول و برنامه ریزی بودجه برای آن)
- انتقال^{۵۵} (تقسیم یا برون سپاری ریسک)

اجتناب از ریسک شامل عدم انجام فعالیتی است که ممکن است با ریسک همراه باشد. مثالی از این تکنیک، عدم رانندگی با خودرو به منظور اجتناب از خطر تصادف با آن است. اجتناب ممکن است پاسخ همه ریسک ها به نظر برسد، ولی اجتناب از ریسک ها به معنای از دست دادن فرصت بالقوه ای است که پذیرش آنها می توانست فراهم کند.

کنترل، کاهش یا بهینه سازی ریسک، شامل کاهش شدت خسارت یا احتمال وقوع آن است. به عنوان مثال، اسپرینکلرها برای خاموش کردن حریق طراحی شده اند تا ریسک خسارت به دلیل آتش سوزی را کاهش دهند. این روش ممکن است باعث ایجاد ضرر بیشتر در اثر ریزش آب شود و بنابراین ممکن است مناسب نباشد. سامانه های اطفای حریق هالون^{۵۶} می توانند این ریسک را کاهش دهند، ولی هزینه آنها ممکن است باعث محدودیت در استفاده از آنها شود.

پذیرش ریسک به معنای پذیرفتن ریسک و توسعه برنامه یا رویه ای برای مقابله با آن، در صورت وقوع آن، است. یک مثال از پذیرش ریسک، برنامه پاسخ اضطراری به زلزله در یک کارخانه، سازمان یا شهر است.

انتقال ریسک اغلب به جای تقسیم ریسک به کار می رود و براساس باور اشتباهی است که ما می توانیم ریسک را از طریق بیمه یا برون سپاری به شخص ثالثی منتقل کنیم. در عمل، اگر شرکت بیمه یا پیمانکار

⁵² Avoidance

⁵³ Control

⁵⁴ Accept

⁵⁵ Transfer

⁵⁶ هالون یک گاز اطفای حریق تمیز است که پس از تبخیر، پسماندی باقی نمی گذارد - تعریف NFPA {مترجم}

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ورشکست یا توسط دادگاه منحل شود، ریسک اصلی به احتمال زیاد همچنان به طرف اول باز می گردد. بنابراین، در اصطلاح متخصصان و اهل علم، خرید قرارداد بیمه اغلب به عنوان "انتقال ریسک" شناخته می شود.

با توجه به اینکه ریسک ها ممکن است مثبت یا منفی باشند، بهینه سازی ریسک به معنای یافتن تعادلی بین ریسک منفی و سود عملیات یا فعالیت و بین کاهش ریسک و تلاش صرف شده برای آن است. ریسک عملیاتی، یکی دیگر از واژگان متداول، به معنای احتمال وقوع خسارت به دلیل ناکارآمدی یا خرابی داخلی کنترل ها، عملیات یا رویه های یک سازمان است. چهار اصل مدیریت ریسک عملیاتی (ORM)⁵⁷ عبارتند از:

- ریسک را زمانی بپذیرید که منافع آن از هزینه اش بیشتر باشد.
- هیچ ریسک اضافی ای نپذیرید.
- ریسک را با برنامه ریزی، پیش بینی و مدیریت کنید.
- تصمیم گیری درباره ریسک ها را در سطح مناسب انجام دهید.

ایجاد یک برنامه مدیریت ریسک

برای مدیریت هر ریسک، کنترل ها یا تدابیر مناسبی را انتخاب کنید. اقدامات کاهش ریسک باید به تصویب سطوح مناسب مدیریتی در سازمان برسد. به عنوان مثال، یک ریسک مرتبط با تصویر [بیرونی] سازمان باید تصمیم مدیریت ارشد سازمان را پشت سر خود داشته باشد، در حالی که مدیریت فناوری اطلاعات سازمان (IT) اختیار تصمیم گیری در مورد ریسک ویروس های رایانه ای را دارد. برنامه مدیریت ریسک باید کنترل های امنیتی قابل اجرا و مؤثری را برای مدیریت ریسک ها پیشنهاد دهد. به عنوان مثال، می توان با تهیه و نصب نرم افزار ضد ویروس، ریسک بالای ویروس رایانه ای را کاهش داد. یک برنامه مدیریت ریسک خوب باید شامل یک زمان بندی برای پیاده سازی کنترل ها بوده، افراد مسؤول آن اقدامات کنترلی را هم مشخص کند. یک برنامه مدیریت ریسک باید به پرسش های زیر پاسخ دهد تا اطمینان حاصل شود که فرآیند مشخصی برای موارد زیر وجود دارد:

- تعیین منابع و دسته بندی های ریسک.
- تعریف پارامترهای استفاده شده برای تحلیل و دسته بندی ریسک ها.
- ایجاد و حفظ استراتژی مورد استفاده برای مدیریت ریسک.
- شناسایی و مستندسازی ریسک ها.

⁵⁷ Operational Risk Management

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

- تعیین اولویت نسبی هر ریسک شناسایی شده.
- توسعه برنامه کاهش ریسک برای مهم ترین ریسک ها.
- پایش دوره ای وضعیت هر ریسک و به روزرسانی برنامه کاهش ریسک به صورت مناسب.
- اطمینان از وجود منابع کافی و برنامه آموزشی مناسب برای مدیریت ریسک.

ریسک های مربوط به پروژه ها را، بر مبنای ویژگی فرآیندها و محصولات نهایی پروژه، می توان به شش حوزه تقسیم کرد:

۱. ریسک ایمنی

بیان احتمال / تأثیر یک رویداد ناگوار است که می تواند منجر به مرگ، آسیب، بیماری شغلی، آسیب به تجهیزات یا اموال، از دست دادن تجهیزات یا اموال یا آسیب به محیط زیست شود؛ این ریسک بر حسب دسته بندی های شدت خطر و سطوح احتمال وقوع خطر بیان می شود.

۲. ریسک عملکرد

درجه ای که طراحی پیشنهادی سیستم یا فرآیند، قابلیت تأمین الزامات عملیاتی را دارد، که شامل الزامات قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداشت، قابلیت دسترسی و قابلیت آزمایش می شود.

۳. ریسک هزینه

قابلیت سیستم برای دستیابی به اهداف هزینه ای چرخه عمر برنامه است؛ که شامل اثرات تصمیمات بودجه ای و توان مالی و اثرات خطاهای ذاتی در تکنیک (های) تخمین هزینه می شود، در صورتی که که الزامات سیستم به درستی تعریف شده باشند.

۴. ریسک زمان بندی

کافی بودن زمان تخصیص داده شده برای انجام وظایف تعریف شده، از جمله توسعه، تولید و آزمایش است؛ همچنین اثرات تصمیمات برنامه ای زمان بندی، خطاهای ذاتی در تکنیک تخمین برنامه زمانی استفاده شده و محدودیت های فیزیکی خارجی را هم شامل می شود.

۵. ریسک فناوری

درجه ای که فناوری پیشنهادی برای سیستم، توانایی برآورده کردن همه اهداف پروژه را داشته باشد.

۶. ریسک دسترسی و حفاظت از داده های محصول

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

یک حوزه جدید از ریسک، به ویژه با شیوه های جاسوسی صنعتی و مهندسی معکوس برخی شرکت ها و حتی دولت ها، که حفاظت مناسب از داده های اختصاصی مربوط به فرآیندها و محصولات را فراهم می کند.

همه این ریسک ها باید هنگام روبرو شدن با پروژه های خاص مورد بررسی قرار گیرند.

۶.۱۲ کنترل خوردگی

خوردگی چیست؟

یک ریسک خاص که بهتر شناخته شده است، در زمینه کنترل خوردگی است. خوردگی یک پدیده طبیعی است که به طور معمول به عنوان استهلاک یک ماده، معمولاً یک فلز، یا خواص آن، به دلیل واکنش با محیط خود تعریف می شود. به عبارت دیگر، خوردگی یعنی سایش فلزات به دلیل واکنش شیمیایی.

یک تعریف علمی بهتر از خوردگی، تجزیه یک ماده مهندسی شده به اتم های تشکیل دهنده آن به دلیل واکنش های شیمیایی با محیط اطرافش است. این تعریف به معنی اکسیداسیون الکتروشیمیایی فلزات در واکنش با اکسید کننده هایی مانند اکسیژن است. تشکیل اکسید آهن به دلیل اکسیداسیون اتم های آهن در محلول جامد، یکی از مثال های شناخته شده ی خوردگی الکتروشیمیایی است، که به طور معمول به عنوان زنگ زدگی شناخته می شود. این نوع آسیب عموماً اکسید(های) و / یا نمک(های) فلز اصلی را تولید می کند. خوردگی می تواند به مواد دیگری غیر از فلزات، مانند سرامیک یا پلیمرها نیز اشاره داشته باشد، اگرچه در این زمینه، عبارت زوال^{۵۸} رایج تر است.

خوردگی می تواند باعث ایجاد آسیب خطرناک و گران قیمت به همه چیز از جمله خودروهای شخصی، لوازم خانگی، لوله های سیستم تأمین آب، پل ها، ساختمان ها و زیرساخت ها شود. مطالعه دو ساله ای با نام "هزینه ها و راهبردهای پیشگیری از خوردگی در ایالات متحده" که در سال ۲۰۰۲ توسط اداره فدرال بزرگراه های آمریکا (FHWA)^{۵۹} منتشر شد، نشان داد که کل هزینه مستقیم سالانه خوردگی در ایالات متحده حدود ۲۷۶ میلیارد دلار (حدود ۳/۱٪ تولید ناخالص داخلی یا GDP کشور) است. این مطالعه نشان داد که اگرچه مدیریت خوردگی در چند دهه گذشته بهبود یافته است، ولی ایالات متحده و کشورهای دیگر باید راه های بهتر و بیشتری برای پیاده سازی شیوه های بهینه کنترل خوردگی پیدا کنند. مطالعات دیگری اخیراً که در چین، ژاپن، بریتانیا و ونزوئلا انجام شده اند، نتایج مشابه یا حتی پرهزینه تری را نشان

⁵⁸ degradation

⁵⁹ U.S. Federal Highway Administration

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

داده اند، که منجر به هزینه مستقیم بیش از ۱/۸ تریلیون دلاری در سراسر جهان شده است، که معادل ۳ تا ۴ درصد GDP کشورهای صنعتی است.

خوردگی به قدری شایع بوده، به شکل های گوناگون بروز می کند که هرگز نمی توان جلوی وقوع آن و هزینه های مرتبط با را به طور کامل گرفت. با این حال، همه مطالعات برآورد می کنند که در صورت استفاده از شیوه های بهینه مدیریت خوردگی می توان ۲۵ تا ۳۰ درصد در هزینه های سالانه خوردگی صرفه جویی کرد.

با بهره گیری از آخرین فناوری های کنترل خوردگی در طراحی اولیه تجهیزات، در ساخت، در همه سطوح فرآیندهای نگهداشت، تأمین مواد اولیه و انبارش، دستیابی به پیشگیری و کنترل خوردگی امکان پذیر است. هدف، کاهش خوردگی از طریق استفاده از شیوه های طراحی و ساختی است که مسایلی مانند انتخاب مواد، پوشش ها و عملیات سطحی، فرآیندهای تولید، مشخصات فرآیند، هندسه سیستم، محدودیت های مواد، شرایط حدی محیطی، شرایط انبارش و آماده سازی، الزامات صیانت و بسته بندی و الزامات تعمیر، تعمیر اساسی و لوازم یدکی را پوشش دهند.

کنترل و حفاظت از خوردگی

چهار روش اصلی کنترل و حفاظت از خوردگی عبارتند از:

۱. مواد مقاوم به خوردگی
۲. پوشش های محافظ
۳. حفاظت کاتدی
۴. بازدارنده های خوردگی^{۶۰}: اصلاح محیط عملیاتی

در بیشتر موارد، کنترل اثربخش خوردگی با ترکیب دو یا بیشتر از این روش ها به دست می آید. کنترل خوردگی باید در مرحله طراحی تأسیسات یا سیستم ها مدنظر قرار گیرد. روش های انتخاب شده باید متناسب با مواد استفاده شده، پیکربندی سیستم و نوع و شکل خوردگی مورد نظر باشند. هیچ ماده ای در همه محیط ها در برابر خوردگی مصونیت ندارد. مواد باید متناسب با محیطی باشند که در آن استفاده می شوند. داده های مقاومت به خوردگی برای ارزیابی تناسب ماده در یک محیط استفاده می شوند.

پوشش های محافظ پرکاربردترین روش کنترل خوردگی هستند. اصولاً پوشش های محافظ، ابزاری برای جدا کردن سطوح مستعد خوردگی از عوامل محیطی هستند که باعث خوردگی می شوند. با این حال به یاد داشته باشید که پوشش های محافظ هیچ گاه نمی توانند حفاظت ۱۰۰ درصدی از ۱۰۰ درصد سطح

⁶⁰ Corrosion Inhibitors

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان - مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

را فراهم کنند. اگر خوردگی محلی در نقطه ای که پوشش نقص دارد، احتمالاً باعث شکست سریع و فاجعه بار می شود، باید اقدامات اضافی هم برای کنترل خوردگی انجام شود. پوشش های محافظ زمانی که با روش های دیگر کنترل خوردگی مانند حفاظت کاتدی یا خوردگی گالوانیک ترکیب می شوند، بسیار مفید خواهند بود.

حفاظت کاتدی با عملکرد طبیعی سلول های الکتروشیمیایی که مسؤول خوردگی هستند، مقابله می کند. حفاظت کاتدی می تواند به طور اثربخشی برای کنترل خوردگی سطوحی که در آب غوطه ور هستند یا در تماس با خاک هستند استفاده شود. حفاظت کاتدی در شکل کلاسیک خود نمی تواند برای حفاظت از سطوحی استفاده شود که در معرض هوا هستند. با این حال، استفاده از پوشش های فلزی آنودی مانند روی بر فولاد (گالوانیزه کردن) هم شکلی از حفاظت کاتدی است که روی سطوح در معرض هوا تأثیر دارد. دو روش اصلی برای تأمین جریان های الکتریکی مورد نیاز جهت مقابله با عملکرد سلول الکتروشیمیایی وجود دارد.

روش اول، حفاظت کاتدی با آنودهای گالوانیک، از خوردگی فلزات فعال مانند منیزیم یا روی برای تأمین جریان الکتریکی مورد نیاز استفاده می کند. در این روش، که به حفاظت کاتدی با آنود فداشونده یا حفاظت کاتدی آنود گالوانیک هم معروف است، فلز فعال در فرآیند حفاظت از سطوحی که کنترل خوردگی در آنها صورت می گیرد، مصرف شده، آنودها باید به صورت دوره ای تعویض شوند. در روش دوم، حفاظت کاتدی با جریان الکتریکی اعمال شده، منبع جریان الکتریکی مستقیمی، معمولاً یک رکتیفایر که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می کند، برای تأمین جریان الکتریکی مورد نیاز استفاده می شود. در این سیستم، مدار الکتریکی از طریق یک ماده خنثای آنودی که در فرآیند مصرف نمی شود، کامل می شود. معمولاً بهترین کاربرد حفاظت کاتدی برای حفاظت از مخازن ذخیره، به ویژه مخزن زیرزمینی و همچنین سیستم های لوله گذاری است. براساس نوع سیال موجود در مخازنی که باید حفاظت شوند، از آنودهای گالوانیک یا جریان الکتریکی اعمال شده استفاده می شود. معمولاً سطوحی که باید با حفاظت کاتدی حفاظت شوند، با پوشش هم پوشیده می شوند تا جریان مورد نیاز کمتر شده، عمر آنودهای گالوانیک افزایش یابد. آنودهای استفاده شده در حفاظت کاتدی برای مخازن باید به صورت دوره ای بازرسی و پس از مصرف جایگزین شوند.

یکی دیگر از روش های کنترل خوردگی که اغلب نادیده گرفته می شود، اصلاح محیط عملیاتی است. استفاده از خاک پر کننده در اطراف یک سازه مدفون، استفاده از بازدارنده های خوردگی در نیروگاه ها یا در سیستم های خنک کننده موتورها و اصلاح سازه ها برای فراهم کردن زهکشی مناسب، همگی مثال هایی از استفاده از این روش کنترل خوردگی هستند. با اینکه بهتر است استفاده از این روش در مرحله طراحی انتخاب شود، در برخی موارد، اقداماتی که با تغییر محیط، مشکلات خوردگی را برطرف می کنند، پس از ساخته شدن سیستم هم قابل انجام هستند. شناسایی دقیق و تعیین مشخصات مشکلات خوردگی، اغلب فرصت هایی را برای تغییر محیط به منظور کنترل خوردگی آشکار می کند.

۷.۱۲ مهندسی سیستم ها و مدیریت پیکربندی

تصور کنید که تکنیسین فنی که برای تعمیر یک دارایی فرستاده ایم، متوجه می شود که قطعه یدکی جدید مناسب نیست یا اندازه پایه های موتور جدید (اندازه بدنه^{۶۱}) با آنچه که در سیستم CMMS مستند شده است، تفاوت دارد. فرض کنید یک دستگاه خاص سفارش داده ایم و پس از نصب، کاری را که باید انجام دهد، انجام نمی دهد. در هر دو مورد، الزامات یا پیکربندی های سیستم به درستی مستند نشده یا به اشتباه تفسیر شده اند. آیا چنین اتفاقی در کارخانه شما رخ داده است؟ اگر از شیوه های مهندسی سیستم و مدیریت پیکربندی به درستی پیروی کرده بودیم، این گونه مشکلات را کاهش می دادیم.

مهندسی سیستم ها (SE)^{۶۲} یک فرآیند مدیریت مهندسی بین رشته ای است که از طریق تکامل و تأیید یک سری راه حل های سیستمی یکپارچه، متعادل و در طول چرخه عمر، نیازهای مشتری را برآورده می کند. مدیریت مهندسی سیستم ها از طریق یکپارچه سازی سه دسته بندی عمده انجام می شود:

- یک فاز توسعه محصول، که فرآیند طراحی را کنترل کرده، خطوط مبنایی را برای هماهنگی تلاش های طراحی فراهم می کند.
- یک فرآیند مهندسی سیستم ها، که ساختاری برای حل مشکلات طراحی فراهم کرده، جریان الزامات را از طریق فرآیند طراحی ردیابی می کند.
- یکپارچه سازی چرخه عمر، که مشتریان را در فرآیند طراحی، ساخت و نصب (شامل راه اندازی) مشارکت می دهد و تضمین می کند که محصول توسعه داده شده در طول عمر خود بادوام باشد.

مدیریت پیکربندی (CM)^{۶۳}، یکی از اجزای مهندسی سیستم، یک مفهوم مهم برای ارائه محصولاتی است که نیازهای مشتری را برآورده کرده، مطابق اسناد طراحی تأیید شده ساخته می شوند. مدیریت پیکربندی همچنین مستندسازی به روز رسانی سیستم را هم ردیابی و نگهداری می کند، که شامل نقشه ها، دفترچه های راهنما، رویه های عملیات/نگهداشت، آموزش و غیره هستند.

CM روش مدیریت مؤثر چرخه عمر دارایی ها و محصولات در کارخانه است. این روش هرگونه تغییر در شکل، اندازه و عملکرد دارایی را، بدون یک فرآیند منطقی و دقیق که تأثیر تغییرات پیشنهادی را بر هزینه چرخه عمر بررسی کند، ممنوع می کند.

⁶¹ frame size

⁶² Systems Engineering

⁶³ Configuration Management

مهندسی سیستم ها (SE)

واژه مهندسی سیستم ها به دهه ۱۹۴۰ در آزمایشگاه های تلفن بل در آمریکا باز می گردد. نیاز به شناسایی و مدیریت ویژگی های یک سیستم به صورت یک کل – که در پروژه های مهندسی پیچیده ممکن است با ویژگی های اجزای آن تفاوت زیادی داشته باشد – باعث شد که وزارت دفاع آمریکا، سازمان فضایی آمریکا (NASA) و صنایع دیگر از این مفهوم استفاده کنند.

هدف از SE، ایجاد یک فرآیند نظام مند و انعطاف پذیر است که الزامات را به مشخصات، معماری و خطوط مبنای پیکربندی^{۶۴} تبدیل می کند. این روش، کنترل و قابلیت ردیابی را، برای توسعه راه حل هایی که نیازهای مشتری را برآورده می کنند، فراهم می کند. دستیابی به یکپارچه سازی چرخه عمر، یکی از اجزای کلیدی فرآیند SE، از طریق توسعه یکپارچه – یعنی توجه همزمان به همه ی نیازهای چرخه عمر در طول فرآیند توسعه – امکان پذیر می شود.

کارکردهای کلیدی اصلی مهندسی سیستم ها از سیستم (محصول) در مراحل زیر پشتیبانی می کنند:

۱. **طراحی/توسعه.** این کارکرد شامل فعالیت های مورد نیاز برای تکامل سیستم از نیازهای مشتری تا راه حل های محصول/فرآیند است.
۲. **ساخت/تولید.** این کارکرد شامل ساخت سیستم های منحصر به فرد و زیرسیستم ها است.
۳. **نصب و راه اندازی.** این فعالیت ها برای تحویل، نصب، بررسی، آموزش، بهره برداری و عملیاتی شدن سیستم، به منظور دستیابی به حداکثر قابلیت های عملیاتی، ضروری هستند.
۴. **بهره برداری.** کاربر (صاحب سیستم) از سیستم ها به صورت ایمن و براساس طراحی بهره برداری می کند (و از آنها استفاده نادرست نمی کند).
۵. **پشتیبانی/نگهداشت.** این حوزه شامل فعالیت های لازم برای ارائه پشتیبانی عملیاتی شامل نگهداشت، تدارکات و مدیریت مواد است.
۶. **اسقاط.** این فعالیت ها برای اطمینان از این انجام می شوند که هنگام پایان عمر مفید دارایی یا سیستم، اسقاط آن به روشی انجام شود که با همه ی مقررات مربوطه سازگار باشد.
۷. **آموزش.** این فعالیت ها برای دستیابی و حفظ سطوح دانش و مهارت لازم برای بهره برداری، نگهداشت و سایر کارکردهای پشتیبانی لازم هستند.
۸. **تأیید.** این فعالیت ها برای ارزیابی پیشرفت و اثربخشی فرآیندهای سیستم و اندازه گیری تطابق مشخصات (الزامات) ضروری هستند.

⁶⁴ configuration baselines

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

مهندسی سیستم ها یک فرآیند مدیریتی استاندارد شده و منظم برای توسعه راه حل های سیستمی است. این فرآیند یک رویکرد نظام مند برای توسعه سیستم در محیط همراه با تغییر و عدم قطعیت فراهم می کند. همچنین، تضمین می کند که وظایف فنی صحیح در طول فرآیند توسعه، با برنامه ریزی، پیگیری و هماهنگی انجام شوند. مهندسی سیستم ها فرآیند چرخه عمر "از گهواره تا گور" را پوشش می دهد.

مدیریت پیکربندی (CM)

مدیریت پیکربندی حوزه ای از مدیریت است که روی ایجاد و حفظ سازگاری عملکرد محصول، ویژگی های کارکردی و فیزیکی آن با الزاماتش، طراحی و اطلاعات عملیاتی آن در طول عمر محصول تمرکز دارد.

مدیریت پیکربندی در دهه ۱۹۵۰ توسط وزارت دفاع ایالات متحده به عنوان یک مفهوم مدیریت فنی توسعه یافت. این مفاهیم به طور گسترده ای در مدل های مدیریت فنی بسیاری از جمله مهندسی سیستم ها، پشتیبانی تدارکات یکپارچه، یکپارچه سازی مدل بلوغ قابلیت ها (CMMI)^{۶۵}، استاندارد ایزو ۹۰۰۰، روش مدیریت پروژه و مدیریت چرخه عمر محصول استفاده شده است.

مدیریت پیکربندی برای برقراری درکی از وضعیت دارایی های پیچیده با نگاهی به حفظ بالاترین سطح قابلیت استفاده با کمترین هزینه کاربرد دارد. دارایی های پیچیده مانند خودروها، هواپیما و تجهیزات سرمایه ای بزرگ ممکن است از صدها تا هزاران قطعه تشکیل شده باشند. علاوه بر این، ابزارها، فیکسچرها، گیج ها، قالب ها، تجهیزات تست و نرم افزارهای کنترل مرتبط با آنها هم وجود دارند. تخمین زده می شود که یک قطعه در طول عمر خود ممکن است ده یا بیشتر تغییر مهندسی را تجربه کند. در نتیجه، یک سازمان باید صدها تا هزاران تغییر مهندسی را برای یک سیستم پیچیده ارزیابی و پردازش کند. به همین دلیل، به روز نگاه داشتن خطوط مبنا و مستندات نیازمند تلاش بسیاری است.

در طول چرخه عمر سیستم ها، سازنده، تأمین کننده و مالک آنها باید تضمین کنند که پیکربندی طراحی شده، در هر زمانی الزامات کارکردی را برآورده کرده، سخت افزار و نرم افزار ارائه شده (پیکربندی چون ساخت^{۶۶}) با پیکربندی طراحی تأیید شده مطابقت دارد. تأکید مدیریت پیکربندی باید در مرحله بهره برداری و نگهداشت هم ادامه یابد تا تضمین کند که همه مستندات به روز باشند. در نتیجه، مدیریت پیکربندی یک سیستم پیچیده به تلاش بسیار زیادی نیاز دارد. معمولاً ممکن است سیستم های کامپیوتری مانند CMMS/EAM/ERP برای پشتیبانی از مدیریت پیکربندی مورد نیاز باشند، تا سازمان در دریایی از کاغذ و امور اداری غیرضروری غرق نشود.

برنامه مدیریت پیکربندی یک سازمان شامل یک فرآیند ارزیابی است که دارایی ها/سیستم ها، نرم افزارهای کامپیوتری و مستنداتی که قسمتی از برنامه مدیریت پیکربندی است را شناسایی، بررسی و

^{۶۵} Capability Maturity Model Integration

^{۶۶} as-built

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

انتخاب می کند. همچنین، این فرآیند ارزیابی برای بررسی دوره ای عناصر برنامه در طول عمر برنامه هم ارائه می شود.

نمونه هایی از مدارک معمول در یک برنامه مدیریت پیکربندی شامل موارد زیر هستند:

۱. توصیف سیستم
۲. نقشه ها
۳. مطالعات و گزارش های ویژه، از جمله بازرسی ها یا تحقیقات ایمنی
۴. رویه ها، راهنماها و معیارهای پذیرش عملیات و نگهداشت
۵. نقاط تنظیم ابزار دقیق و کنترل
۶. مستندات تضمین کیفیت و کنترل کیفیت
۷. دفترچه های راهنمای تأمین کننده / فروشنده
۸. الزامات، کدها و استانداردهای قانونی
۹. اصلاحات، شامل پروژه های سرمایه ای
۱۰. لیست قطعات و اجزا
۱۱. مشخصات و اطلاعات سفارش خرید برای دارایی های بزرگ و حیاتی
۱۲. سوابق عملکرد و نگهداشت دارایی/سامانه
۱۳. سوابق صلاحیت جوشکاری
۱۴. سوابق بازرسی های مخازن تحت فشار / یکپارچگی سیستم ها
۱۵. معیارها/الزامات طراحی
۱۶. سوابق آموزش عملیات/نگهداشت

مستندات و سوابق باید به صورت پیوسته به روزرسانی شوند تا همه ی تغییرات تأیید شده ثبت شده، در مستندات خروجی مانند نقشه ها، توصیف های سیستم، مشخصات و رویه ها به دقت بازتاب داده شوند.

توجه: پیاده سازی برنامه مدیریت پیکربندی به منابع قابل توجهی نیاز خواهد داشت. بنابراین، سازمان ها باید براساس پیچیدگی دارایی ها، میزان حساسیت آنها و ارزیابی مقدار ارزش افزوده حاصل از مدیریت پیکربندی، تصمیم بگیرند که چه مستندات و سوابقی باید جزو برنامه مدیریت پیکربندی باشند.

برنامه مدیریت پیکربندی به انطباق با استانداردهای ایزو ۹۰۰۰، ایزو ۳۱۰۰۰، ایزو ۵۵۰۰۰ و غیره هم کمک می کند. این برنامه تضمین می کند که سازمان در طول دوره عمر عملیاتی خود پیکربندی مناسبی داشته، مستندات آن مناسب و به روز باشند. مدیریت پیکربندی بر کل سازمان تأثیر دارد. هر کارخانه و تأسیساتی باید یک برنامه مدیریت پیکربندی اثربخش داشته باشد تا اثرات منفی تغییرات کنترل و مستند نشده در پیکربندی دارایی هایش را از بین برده، یا کاهش دهد. اجرای یک فرآیند منطقی و منظم برای

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ارزیابی، طراحی، تهیه، پیاده سازی، بهره برداری و نگهداشت اصلاحات روی دارایی های بزرگ و حیاتی، بیشتر هزینه های اضافی نگهداشت را که بر اثر سوابق ضعیف ایجاد می شوند، حذف می کند.

۸.۱۲ استانداردها و استانداردسازی

- اینچ یا میلیمتر یک استاندارد اندازه گیری است.
- کلمات، استانداردهای ارتباطی هستند.
- چراغ های راهنمایی، استاندارد ایمنی هستند.
- اعداد اکتان بنزین، استانداردهای کیفیتی هستند.
- "حداکثر ۱٪ جمع شدگی" یک استاندارد عملکردی است.

اینها تنها چند نمونه از استانداردسازی و کاربرد استانداردها هستند. استانداردسازی تأثیر قابل توجهی بر زندگی ما دارد، ولی بیشتر ما دانش کمی درباره ی فرآیند استانداردسازی یا خود استانداردها داریم. آیا فیلم های دوربین عکاسی با علامت ایزو ۱۰۰، ۲۰۰ و غیره را دیده اید؟ می دانیم که فیلم دوربین عکاسی با علامت ایزو ۲۰۰ اگر در دوربینی با سرعت فیلم تنظیم شده روی ۲۰۰ استفاده شود، احتمالاً نتایج خوبی خواهد داشت. ولی کمتر کسی می داند که علامت ایزو ۲۰۰ روی بسته بندی آن به معنای این است که این فیلم با استاندارد مطابقت دارد که توسط سازمان بین المللی استانداردسازی (ISO)، یک سازمان بین المللی که استانداردها را تدوین می کند، منتشر شده است.

استاندارد چیست؟

کمیته مشورتی خط مشی استانداردهای ملی آمریکا، استاندارد را به صورت زیر تعریف می کند:

"مجموعه معینی از قوانین، شرایط یا الزامات مربوط به تعریف اصطلاحات؛ طبقه بندی اجزا؛ مشخصات مواد، عملکرد یا عملیات؛ شرح و توصیف رویه ها؛ یا اندازه گیری کمیت و کیفیت در توصیف مواد، محصولات، سیستم ها، خدمات یا روش ها"

به زبان ساده، یک استاندارد یک قاعده یا الزام است که با اجماع نظرات کاربران تعیین می شود و بهترین معیارهای پذیرفته شده (از نظر تنوری) را برای یک محصول، فرآیند، آزمایش یا رویه تعیین می کند. مزایای کلی یک استاندارد، ایمنی، کیفیت و قابلیت اطمینان، قابلیت تعویض قطعات یا سیستم ها و سازگاری در سراسر مرزهای بین المللی است.

تاریخچه استانداردها

معروف است که استانداردها از ۷۰۰۰ سال پیش از میلاد وجود داشته اند، زمانی که سنگ های استوانه ای به عنوان واحدهای وزن در مصر استفاده می شدند. یکی از نخستین تلاش های شناخته شده برای استانداردسازی در جهان غرب در سال ۱۱۲۰ میلادی رخ داد. هنری اول پادشاه انگلیس دستور داد که ال^{۶۷}، یعنی یارد باستانی، باید دقیقاً برابر طول بازوی او بوده، به عنوان واحد استاندارد طول در پادشاهی او استفاده شود.

تاریخ نشان می دهد که در سال ۱۶۸۹، پدران بنیان گذار شهر بوستون نیاز به استانداردسازی را درک کردند؛ آنها قانونی را تصویب کردند که ساخت آجر با هر ابعادی به جز ۹×۴×۴ را به عنوان جرم مدنی تلقی می کرد. شهر تازه به دلیل آتش سوزی ویران شده بود؛ پدران شهر متوجه شدند که رعایت مجموعه ای از استانداردها تضمین خواهد کرد که ساختن دوباره ی شهر با کمترین هزینه مالی و با سریع ترین روش ممکن انجام شود.

با ظهور انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم، افزایش تقاضا برای حمل و نقل کالاها از محلی به محل دیگر، منجر به ایجاد روش های پیشرفته حمل و نقل شد. اختراع راه آهن، یک وسیله سریع، اقتصادی و مؤثر برای ارسال محصولات در سراسر کشور بود. این کار برجسته با استانداردسازی خطوط راه آهن انجام شد؛ که در اثر آن فاصله بین دو ریل روی راه آهن به مقدار ثابت و یکنواختی تعیین شد. تصور کنید چه آشوب و اتلاف وقتی برای قطاری که از نیویورک حرکت می کرد، ایجاد می شد اگر مجبور بود در سنت لوییس تخلیه شود، چون ریل های راه آهن با چرخ های قطار هم خوانی نداشتند. در ابتدای حرکت قطارها در آمریکا، این مشکل باعث اختلال در حمل و نقل شد. دولت در همکاری با شرکت های راه آهن، استفاده از رایج ترین خط راه آهن در آمریکای آن زمان را ترویج داد، که طول آن ۴ فوت و ۸ و نیم اینچ بود و از انگلستان وارد شده بود. این شکل خط آهن برای استفاده در راه آهن سراسری در سال ۱۸۶۴ الزامی و تا سال ۱۸۸۶ به استاندارد آمریکا تبدیل شد.

در سال ۱۹۰۴، یک آتش سوزی در زیرزمین ساختمان شرکت جان هرست در بالتیمور رخ داد. پس از اینکه آتش کل ساختمان را فرا گرفت، به ساختمان های اطراف هم گسترش یافت و در نهایت بیش از ۸۰ بلوک از شهر را در بر گرفت. برای کمک به مبارزه با آتش، بلافاصله نیروهای کمکی از نیویورک، فیلادلفیا و واشنگتن وارد شدند، ولی نتوانستند آتش را مهار کنند. شیلنگ های آتش نشانی آنها قابلیت اتصال به هیدرانت های آتش نشانی بالتیمور را نداشت، زیرا اندازه آنها با اندازه هیدرانت های بالتیمور سازگار نبود. این موضوع باعث شد که آتش سوزی گسترش یابد و حدود ۲۵۰۰ ساختمان را در بالتیمور نابود کرده، بیش از ۳۰ ساعت به طول بینجامد.

مشخص بود که باید یک استاندارد ملی جدید برای پیشگیری از وقوع اتفاقات مشابه در آینده توسعه داده شود. تا آن زمان، شهرداری هر شهری مجموعه استانداردهای منحصر به فرد خود را برای تجهیزات آتش

⁶⁷ ell

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

نشانی داشت. در نتیجه، تحقیقاتی درباره ی بیش از ۶۰۰ کوپلینگ شیلنگ آتش نشانی در سراسر کشور انجام و یک سال بعد یک استاندارد ملی برای تضمین یکنواختی تجهیزات آتش نشانی و ایمنی در سراسر آمریکا ایجاد شد.

این اتفاق، آغاز استانداردسازی و توسعه استانداردها در قرن بیستم برای پشتیبانی از قابلیت تعویض قطعات، اجزا و ایمنی بود. در سال ۱۹۱۸، مؤسسه ملی استانداردهای آمریکا (ANSI)^{۶۸} به عنوان یک سازمان غیرانتفاعی، با حمایت برخی از انجمن های تخصصی مانند ASME، IEEE، ASCE، ASTM و غیره تأسیس شد تا به توسعه استانداردها کمک کند.

امروزه استانداردها چگونه تهیه می شوند؟

اکثر استانداردها توسط کمیته های داوطلبی توسعه داده می شوند که شامل اعضای از صنعت، دولت و عموم مردم هستند. در ایالات متحده آمریکا، ANSI به عنوان "سازمان مادر" عمل کرده، به هماهنگی داوطلبان کمک کرده، تضمین می کند که فرآیند توسعه استانداردها روی چهار مسأله اصلی تأکید می کند: الزامات مربوط به پردازش، رویه های پژوهش، ملاحظات الزامی رأی یا نظرات منفی و پشتیبانی از "تبادل کمیته". تعادل زمانی به دست می آید که همه طرف هایی که نفعی در نتیجه استاندارد دارند، فرصتی برای مشارکت داشته باشند و هیچ کدام از طرف ها نتوانند به تنهایی روی نتیجه نهایی غلبه پیدا کنند.

در حال حاضر تنها در آمریکا، حدود ۳۰'۰۰۰ استاندارد داوطلبانه توسعه داده شده است که توسط بیش از ۴۰۰ سازمان تهیه شده اند. بسیاری از این سازمان ها، که به عنوان سازمان های توسعه استانداردها (SDO)^{۶۹} شناخته می شوند، جوامع تخصصی یا سازمان های غیرانتفاعی مانند ASME، ANSI، UL، IEEE، ASTM و غیره هستند. تعداد خیلی بیشتری هم از مشخصات تدارکات (تهیه شده و استفاده شده توسط مقامات تدارکات فدرال، ایالاتی و محلی) وجود دارد، همچنین کدها، قوانین و مقررات اجباری شامل استانداردهای تهیه و تصویب شده در سطح فدرال، ایالاتی و محلی هم از این دسته هستند. علاوه بر این، تعداد بسیار زیادی از سازمان های خارجی ملی، منطقه ای و بین المللی هم استانداردهایی تولید می کنند که برای سازندگان و صادرکنندگان آمریکایی جالب و حائز اهمیت هستند.

مزایا و انواع استانداردها

ما از استانداردها برای دستیابی به سطح ایمنی، کیفیت و یکنواختی در محصولات و فرآیندهایی استفاده می کنیم که بر زندگی ما تأثیر می گذارند. به طور خلاصه، استانداردها زندگی ما را ایمن تر، آسان تر و بهتر می کنند. همچنین، استانداردها ابزارهای حیاتی صنعت و تجارت هستند. آنها اغلب پایه ای برای

⁶⁸ American National Standards Institute

⁶⁹ Standards Development Organizations

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

معاملات خریدار – فروشنده فراهم می کنند؛ بنابراین، تأثیر شگرفی روی سازمان ها و کشورها و حتی بر پایه اقتصادی بازار جهانی دارند.

استانداردها ابزار قدرتمندی برای سازمان ها در هر اندازه ای بوده، از ابتکار و بهبود بهره وری پشتیبانی می کنند. استانداردسازی اثربخش، رقابت قوی را ترویج کرده، سودآوری را افزایش داده، به کسب و کارها این قابلیت را می دهد که نقش پیشرو را در شکل دهی به صنعت خود بر عهده بگیرند. استانداردها به سازمان ها اجازه می دهند:

- راهکارهای برتر را پیاده سازی و حفظ کنند
- از ایمنی افراد و محیط زیست پشتیبانی کنند
- بهره وری را بهبود دهند – هزینه ها را کاهش دهند
- مشتریان را جذب و مجاب کنند
- به رهبری بازار برسند
- مزیت رقابتی ایجاد کنند

استانداردها را می توان در دو دسته زیر طبقه بندی کرد:

- مشخصات – کدها
- بهبود فرآیند – مدیریت

مشخصات / کدها به استانداردسازی قطعات و اجزا برای ایجاد قابلیت تعویض و ایمنی محصولات کمک می کنند. بهبود فرآیند مربوط به مدیریت فرآیندها است. ما همه با استاندارد مدیریت کیفیت ایزو ۹۰۰۰ آشنا هستیم. این استاندارد می تواند برای مدیریت هر فرآیندی استفاده شود. این استاندارد در دهه ۱۹۷۰ توسعه داده شد؛ از آن زمان به بعد، نسخه های بسیاری از آن ارائه شده و به عنوان استاندارد مدیریتی در سراسر جهان پذیرفته شده است. در حال حاضر، سری ۹۰۰۰ استانداردهای مدیریتی شامل موارد زیر است:

- ایزو ۹۰۰۰:۲۰۰۵ سیستم های مدیریت کیفیت – اصول و واژگان
- ایزو ۹۰۰۱:۲۰۰۸ سیستم های مدیریت کیفیت – الزامات
- ایزو ۹۰۰۴:۲۰۰۹ مدیریت برای موفقیت پایدار یک سازمان – یک رویکرد مدیریت کیفیت

ایزو ۹۰۰۱:۲۰۰۸ استاندارد کلیدی است که شامل الزامات است. این استاندارد شامل بخش های کلیدی زیر است:

- بخش ۱: محدوده

- بخش ۲: استاندارد مرجع
- بخش ۳: واژگان و تعاریف (مخصوص ایزو ۹۰۰۱، نه ایزو ۹۰۰)
- بخش ۴: سیستم مدیریت کیفیت
- بخش ۵: مسؤولیت مدیریت
- بخش ۶: مدیریت منابع
- بخش ۷: ایجاد محصول
- بخش ۸: اندازه گیری، تحلیل و بهبود

در واقع، کاربران باید همه ی بخش های ۱ تا ۸ را مورد توجه قرار دهند، ولی تنها بخش های ۴ تا ۸ باید در یک سیستم مدیریت کیفیت پیاده سازی شوند.

اگرچه ایزو ۹۰۰۱ به عنوان استاندارد سیستم مدیریت کیفیت شناخته می شود، ولی با مقداری متناسب سازی، می توان آن را برای هر فرآیندی مانند تدارکات – زنجیره تأمین، طراحی و مدیریت دارایی ها اعمال کرد. برخی سازمان ها مانند اتحادیه آزمایش های هوافضایی⁷⁰ (ATA) در مرکز توسعه مهندسی (تست) آرنولد⁷¹ (AEDC) و ژاکوبز، ایزو ۹۰۰۱ را به طور موفقیت آمیزی در همه ی فرآیندهای کاری خود، از جمله مدیریت دارایی ها، پیاده سازی کرده اند.

با این حال، بسیاری از متخصصان حوزه نگهداشت و مدیریت دارایی در سراسر جهان معتقدند که در زمینه استانداردهای مدیریت دارایی، شکافی وجود دارد. یک تلاش بین المللی برای پشتیبانی و توسعه یک استاندارد بین المللی برای مدیریت دارایی به نام ایزو ۵۵۰۰۰ در حال انجام است. این خانواده از استانداردها شامل سه استاندارد زیر است:

- ایزو ۵۵۰۰۰: مدیریت دارایی – مرور کلی، اصول و واژگان فنی
- ایزو ۵۵۰۰۱: مدیریت دارایی – سیستم های مدیریت – الزامات
- ایزو ۵۵۰۰۲: مدیریت دارایی – سیستم های مدیریت – راهنمای استفاده از ایزو ۵۵۰۰۱

هدف کلی این سه استاندارد بین المللی، ارائه مجموعه ای یکپارچه از اطلاعات در زمینه سیستم های مدیریت دارایی است که:

۱. کاربران این استانداردها را قادر می سازد تا مزایا، مفاهیم کلیدی و اصول دارایی، مدیریت دارایی و سیستم های مدیریت دارایی را درک کنند.
۲. واژگانی را که در این زمینه استفاده می شود، هماهنگ می کند.

⁷⁰ Aerospace Testing Alliance

⁷¹ Arnold Engineering Development (Test) Center

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رضائی

۳. کاربران را قادر می سازد تا حداقل الزامات یک سیستم مدیریت اثربخش برای مدیریت کردن دارایی های خود را بشناسند و درک کنند.

۴. روشی برای ارزیابی چنین سیستم های مدیریتی فراهم می کند (هم توسط خود کاربران و هم از طریق طرف های خارجی).

۵. راهنمایی هایی برای پیاده سازی حداقل الزامات فراهم می کند.

محدوده های خاص هر استاندارد عبارتند از:

- ایزو ۵۵۰۰۰ برای ارائه یک دید کلی از حوزه مدیریت دارایی است، شامل توضیح و تبیین اهمیت مفاهیم و اصول کلیدی مرتبط با مدیریت دارایی و سیستم های مدیریت دارایی، همچنین تعریف واژگان مورد نیاز در این رشته.

- ایزو ۵۵۰۰۱ برای تعریف "الزامات" برای توسعه، حفظ و بهبود سیستم مدیریت برای مدیریت کردن دارایی های سازمان به منظور دستیابی به اهداف استراتژیک اعلام شده، طراحی شده است.

- ایزو ۵۵۰۰۲ برای ارائه راهنمایی هایی برای اجرای الزامات مشخص شده در ایزو ۵۵۰۰۱ طراحی شده است. در این استاندارد، شرایط و تفاوت های محیطی که می توانند بر استفاده از اصول و الزامات عمومی مدیریت دارایی تأثیر بگذارند، بحث و توضیح داده می شود و راهنمایی برای ایجاد، پیاده سازی، حفظ و بهبود یک سیستم مدیریت برای مدیریت دارایی و هماهنگی آن با سایر سیستم های مدیریتی فراهم می شود.

در حال حاضر، استانداردهای زیر مرتبط با مدیریت دارایی و تجهیزات کارخانجات/تأسیسات هستند؛ اجرای آنها می تواند بهبود عملکرد کلی را به ارمغان آورد:

- ایزو ۹۰۰۰:۲۰۰۸ مدیریت کیفیت

- PAS 55 مدیریت دارایی (راهنماها / مشخصات)

- سری استانداردهای ایزو ۵۵۰۰۰ مدیریت دارایی (در حال توسعه)

- ایزو ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱ مدیریت انرژی

- ایزو ۳۱۰۰۰:۲۰۰۹ مدیریت محیط زیست

- ایزو ۱۸۰۰۰:۲۰۰۹ مدیریت ریسک

یک استاندارد خاص مدیریت دارایی می تواند به سازمان های نگهداشت و قابلیت اطمینان در تعیین استانداردهای فرآیندهای خود کمک کرده، آنها را به عنوان رهبران در صنعت نگهداشت و قابلیت اطمینان قرار دهد.

۹.۱۲ خلاصه

آگاهی از روندها و راهکارهای برتر نوآورانه، به کسب و کارها را اجازه می دهد تا فرآیندهای خود را به طور مستمر بهبود دهند و رقابتی بمانند. تعداد کمی از این روندها و شیوه های نوآورانه در این فصل بررسی شده اند: انرژی و پایداری، ایمنی (شامل ایمنی قوس الکتریکی)، مدیریت ریسک، کنترل خوردگی، مهندسی سیستم ها / مدیریت پیکربندی و استانداردها.

توسعه پایدار، به عنوان "انواع پیشرفت که نیازهای حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل های آینده در تأمین نیازهای خود برآورده می کنند" تعریف شده، به سه موضوع گسترده، یعنی "ستون های" اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی اشاره دارد. پایداری همچنین با کاهش مصرف انرژی توسط یک شرکت همراه است. به دلیل اینکه هزینه های انرژی می تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد مالی کسب و کارها داشته باشد، باید اقدامات کاهش مصرف انرژی توسط شرکت ها انجام شود، زیرا قیمت انرژی به طور مداوم در حال افزایش است؛ همچنین باید به دنبال پروژه های نوآورانه سبز و کاربردهای آنها در شرکت یا صنعت خود باشید.

متخصصان قابلیت اطمینان و ایمنی مشاهده کرده اند که کارخانجات قابل اطمینان، کارخانجات ایمنی هم هستند و کارخانجات ایمن، کارخانجات قابل اطمینانی هستند و ترکیب آنها کارخانجات سودآور را تشکیل می دهد. بنابراین، هر شرکتی که سعی دارد به تعالی در نگهداشت و قابلیت اطمینان برسد، باید اهمیت ایجاد یک فرهنگ بر پایه ایمنی در سراسر سازمان خود را در نظر گرفته، با پرورش رفتار ایمنی در میان همه ی تیم رهبری خود شروع کند. یک حوزه خاص ایمنی که ارزش تأکید دارد، حوزه قوس الکتریکی است که قابلیت ایجاد تأثیر منفی روی تأسیسات و به خطر انداختن ایمنی کارکنان را دارد و باید اقدامات پیشگیرانه برای آن ارزیابی و پیاده سازی شود.

ریسک به عنوان پتانسیلی تعریف می شود که یک عمل یا فعالیت انتخابی منجر به اتلاف، رویداد یا نتیجه نامطلوب می شود. همه ما در زندگی روزمره خود، هم در محیط کاری و هم زندگی شخصی مان، ریسک هایی را می پذیریم. مدیریت ریسک، بیشتر و بیشتر، به عنوان تکنیکی شناخته می شود که هم به جنبه های مثبت و هم به جنبه های منفی ریسک ها توجه می کند. مدیریت ریسک باید یک فرآیند پیوسته در حال توسعه باشد که در سراسر استراتژی سازمان و پیاده سازی آن استراتژی اجرا شده، با یک سیاست مؤثر در فرهنگ سازمان ادغام شده باشد. رویکردهای مدیریت ریسک را می توان به چهار دسته اصلی تقسیم کرد: اجتناب (حذف یا انجام ندادن آن فعالیت)، کنترل (بهینه کردن یا کاهش دادن ریسک)، پذیرش (پذیرش و بودجه بندی / برنامه ریزی) و انتقال (تقسیم ریسک یا برون سپاری آن). باید یک برنامه مدیریت ریسک تهیه شود تا کنترل های امنیتی قابل اجرا و اثربخشی برای مدیریت ریسک ها پیشنهاد دهد.

خوردگی پدیده ای طبیعی است که به طور معمول به عنوان استهلاک یک ماده، معمولاً یک فلز، یا ویژگی های آن به دلیل واکنش با محیط اطرافش، تعریف می شود. خوردگی می تواند باعث آسیب خطرناک و پر هزینه به همه چیز شود و به قدری شایع است که در شکل های گوناگونی ظاهر شده، هرگز به طور کامل حذف نخواهد شد. با این حال، مطالعات تخمین زده اند که می توان با استفاده از شیوه های بهینه مدیریت خوردگی، ۲۵ تا ۳۰ درصد در هزینه های سالانه خوردگی صرفه جویی کرد. برای کنترل و حفاظت از خوردگی، چهار روش اساسی وجود دارد: مواد مقاوم به خوردگی، پوشش های محافظ، حفاظت کاتدی و بازدارنده های خوردگی برای اصلاح محیط عملیاتی. در بیشتر موارد، کنترل خوردگی اثربخش با ترکیب دو یا بیشتر از این روش ها به دست می آید. همچنین، مدیریت خوردگی باید در مرحله طراحی تأسیسات یا سیستم در نظر گردیده شود. روش های انتخابی باید با مواد استفاده شده، با پیکربندی ها و با انواع و اشکال خوردگی که باید کنترل شوند، متناسب باشد.

مهندسی سیستم ها و مدیریت پیکربندی، تکنیک هایی هستند که نه تنها برای محصولات که تولید می شوند، بلکه برای دارایی ها / سیستم هایی که توسط یک سازمان نگهداری می شوند، هم باید در نظر گرفته شوند. مهندسی سیستم ها (SE) یک فرآیند مدیریت مهندسی میان رشته ای است که با تکامل و صحنه گذاری روی مجموعه متعادلی از راه حل های سیستمی یکپارچه و متناسب با چرخه عمر، نیازهای مشتریان را برآورده می کند. مدیریت پیکربندی (CM)، که یکی از اجزای مهندسی سیستم ها است، یک مفهوم مهم برای ارائه محصولاتی است که الزامات مشتری را برآورده کرده، براساس مستندات طراحی تأیید شده ساخته می شوند. به علاوه، این مفهوم همه مستندات مناسب سیستم را ردیابی و به روز رسانی می کند.

استانداردها، قوانین یا الزاماتی هستند که با اجماع نظرات کاربران تعیین شده، بهترین معیارهای پذیرفته شده (از نظر تئوری) را برای یک محصول، فرآیند، آزمون یا روش تعیین می کنند. مزایای کلی یک استاندارد شامل ایمنی، کیفیت، قابلیت اطمینان، قابلیت تعویض قطعات یا سیستم ها و همسانی در سراسر مرزهای بین المللی هستند. بیشتر استانداردها توسط کمیته هایی از افراد داوطلب توسعه داده می شوند که شامل اعضای از صنعت، دولت و جامعه هستند. استانداردسازی اثربخش، رقابت قوی را ترویج کرده، سودآوری را افزایش داده، کسب و کارها را قادر می سازد نقش پیشگام را در شکل دهی به صنعت خود بازی کنند. یک استاندارد خاص مدیریت دارایی به سازمان های نگهداشت و قابلیت اطمینان کمک خواهد کرد تا استانداردهای فرآیندهای خود را ایجاد کرده، در این صنعت رهبر شوند.

بررسی بیشتری ضروری است تا مشخص شود که هر یک از این تکنیک ها چگونه روی کسب و کار یا صنعت خاص شما اعمال می شود؛ تا بفهمید که، اگر شرکت شما در فعالیتهایی حضور دارد که هر یک از این تکنیک ها در آن قابل استفاده است، چگونه این روندها و شیوه ها را به کار ببندید.

۱۰.۱۲ پرسش های خودآزمایی

- پ ۱.۱۲ پایداری را تعریف کنید. چرا پایداری برای سازمان ها مهم است؟
- پ ۲.۱۲ چه استراتژی های بهبود فرآیندی می توانند برای کاهش مصرف انرژی کارخانه استفاده شوند؟
- پ ۳.۱۲ چهار دسته بزرگ تجهیزات/سیستم ها، که طبق تعریف وزارت انرژی آمریکا، بیشترین انرژی را در صنعت مصرف می کنند را شرح دهید.
- پ ۴.۱۲ به طور کلی، صورتحساب برق به چه نوع هزینه هایی تقسیم می شود؟ برای کمینه کردن کل هزینه ی انرژی برق چه کاری می توان انجام داد؟
- پ ۵.۱۲ دسته های اصلی ریسک هایی که یک محصول (دارایی) یا پروژه ممکن است با آن مواجه شود را تعریف کنید.
- پ ۶.۱۲ چرا مدیریت پیکربندی مهم است؟ کاربرد آن را در حوزه مدیریت دارایی – نگهداشت، بررسی کنید.
- پ ۷.۱۲ چه استراتژی هایی برای کاهش تأثیر خطرات قوس الکتریکی استفاده می شوند؟
- پ ۸.۱۲ چرا از استانداردها استفاده می کنیم؟ چگونه می توان آنها را طبقه بندی کرد؟
- پ ۹.۱۲ هدف خانواده استانداردهای ایزو ۵۵۰۰ چیست؟

۱۱.۱۲ منابع و مطالعات پیشنهادی

1. U.S. Department of Energy. 20 Ways to Save Energy Now.
www.eere.energy.gov/consumer/industry/20ways.html
www.energy.gov
2. Seminar / Paper by Ron Moore at MARCON 2011 and Reliability Maintenance Center /UTK meetings 2011
3. Blanchard, Benjamin S. Systems Engineering Management. Prentice-Hall, 1997.
4. Bureau of Labor Statistics data at www.bls.gov
5. NFPA website www.nfpa.org
6. OSHA website www.osha.gov
7. MIL-STD-882
8. ANSI website www.ansi.org
9. ISO website www.iso.org
10. ISO/US TAG -PC 251 committee website: www.uspc251tag.org
11. www.iso55000.info
12. www.wikipedia.com

ضمیمه فصل ۱

راهکارهای برتر: پرسش – پاسخ
کلید پرسش ها و پاسخنامه تشریحی

شماره پرسش	پاسخ	شماره پرسش	پاسخ
۱	الف	۳۱	ب
۲	ب	۳۲	الف
۳	الف	۳۳	ب
۴	الف	۳۴	الف
۵	الف	۳۵	ب
۶	الف	۳۶	الف
۷	الف	۳۷	الف
۸	الف	۳۸	ب
۹	الف	۳۹	ب
۱۰	الف	۴۰	الف
۱۱	الف	۴۱	ب
۱۲	الف	۴۲	ب
۱۳	الف	۴۳	الف
۱۴	الف	۴۴	الف
۱۵	الف	۴۵	الف

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ب	۴۶	الف	۱۶
ب	۴۷	الف	۱۷
پ	۴۸	ب	۱۸
پ	۴۹	الف	۱۹
ب	۵۰	ب	۲۰
ب	۵۱	ب	۲۱
ت	۵۲	الف	۲۲
ب	۵۳	الف	۲۳
پ	۵۴	ب	۲۴
الف	۵۵	ب	۲۵
		پ	۲۶
		ب	۲۷
		الف	۲۸
		الف	۲۹
		الف	۳۰

۱. راهکارهای برتر روش هایی هستند که توسط یک سازمان تعریف و اجرا می شوند تا عملیات آن سازمان را بهبود ببخشند. ممکن است این روش ها آزمایش شده یا نشده باشند، ولی نتایج آنها قابل قبول خواهد بود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

یک راهکار برتر، یک کارکرد کسب و کاری، یک شیوه، یا یک فرآیند است که در مقایسه با همه روش های دیگر به عنوان برتر شناخته می شود. راهکار برتر یک استراتژی و رویکرد مستند است که توسط بیشتر سازمان های مورد احترام، رقابتی و سودآور استفاده می شود. یک راهکار برتر، در صورت پیاده سازی مناسب، باید عملکرد و کارایی را در یک حوزه خاص بهبود بخشد. جزئیات بیشتر را در فصل ۱ ببینید.

۲. قابلیت نگهداشت با معیار میزان رعایت زمان بندی PM اندازه گیری می شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

قابلیت نگهداشت به عنوان سهولت نگهداشت تعریف می شود؛ این معیار بیشتر به وسیله زمان میانگین تعمیر (MTTR) اندازه گیری می شود. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۳. همه زمان کارکنان نگهداشت باید با دستور کارها پر شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

همه زمان نیروهای نگهداشت باید در CMMS شمرده و مستند شود تا اطمینان حاصل شود که همه هزینه های تعمیر و نگهداشت دقیق باشند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۴ ببینید.

۴. برای بهبود OEE واحدهای عملیات و نگهداشت باید به صورت یک تیم کار کنند.

الف. درست

ب. نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پاسخ: الف – درست

OEE به صورت دسترس پذیری x عملکرد x کیفیت محاسبه می شود. عملیات و نگهداشت هر دو بر این معیار تأثیر می گذارند و باید با هم به عنوان یک تیم کار کنند تا به OEE بالاتری برسند. جزئیات بیشتر را در فصل ۷ ببینید.

۵. راهکارهای برتر بیان می کنند که ۹۰٪ یا بیشتر از همه کارهای نگهداشت طرح ریزی می شوند.
الف. درست
ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

برنامه ریزی بیش از ۹۰٪ کارها یک راهکار برتر است. کارهای برنامه ریزی شده ۲ تا ۳ برابر کمتر از کارهای واکنشی هزینه دارند. جزئیات بیشتر را در فصل ۴ ببینید.

۶. ۱۰۰٪ فعالیت های PM و PdM باید با استفاده از روش های FMEA/RCM تهیه شده باشند.
الف. درست
ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

همه ی کارهای PM/PdM باید با استفاده از روش های FMEA/RCM توسعه داده شوند. این کار تضمین می کند که اقدامات صحیح و مقرون به صرفه برای کاهش ریسک های خاص و پیدا کردن شکست ها پیش از وقوع آنها انجام شود. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۸ ببینید.

۷. نرخ بهره برداری از دارایی ها در یک تأسیسات در کلاس جهانی باید حدود ۸۵٪ باشد.
الف. درست
ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

خریداری و نگهداشت دارایی ها هزینه دارد. دارایی ها باید با نرخ بهره برداری ۹۸٪ یا بهتر استفاده شوند تا بازدهی سرمایه (ROI) بالایی به دست آوریم. البته، وظیفه نگهداشت و قابلیت اطمینان ما حصول

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی
اطمینان از در دسترس بودن آنهاست؛ برای انجام نگهداشت به زمان هم نیاز داریم. جزئیات بیشتر را در فصل های ۴ و ۹ ببینید.

۸. ۱۰۰٪ زمان کارکنان (تعمیرکاران) نگهداشت باید زمان بندی شده باشد.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

۱۰۰٪ زمان در دسترس نیروهای نگهداشت، به ویژه کارکنان فنی، باید زمان بندی شود. تحلیل پایداری به زمان بندی باید فرصتی برای کاهش/حذف اتلاف ها و بهبود بهره وری فراهم کند. جزئیات بیشتر را در فصل ۴ ببینید.

۹. PM های مبتنی بر زمان (تقویمی) باید کمتر از ۲۰٪ همه PM ها باشند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

انجام بیشتر PM های مبتنی بر کارکرد/چرخه های کاری و همچنین براساس وضعیت، یک راهکار برتر و مقرون به صرفه است. یک راهکار برتر این است که PM های مبتنی بر تقویم ۲۰٪ یا کمتر باشند. اگر دارایی ها به صورت ۷/۲۴ کار می کنند، PM براساس تقویم می تواند بیشتر باشد. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳، ۴ و ۸ ببینید.

۱۰. قانون ۱۰٪ PM روی دارایی های حساس اعمال می شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

این قانون به این معنی است که PM های مبتنی بر زمان باید در فاصله ۱۰٪ فرکانس زمانی برنامه ریزی شده تکمیل شوند. بسیاری از سازمان ها از این معیار با عنوان "پایبندی به برنامه PM" به عنوان یک معیار اندازه گیری عملکرد واحد نگهداشت شان استفاده می کنند، که یک معیار خوب است. ولی باید اطمینان حاصل کنیم که نگهداشت دارایی های حیاتی به موقع، به درستی و در فرکانس زمانی ۱۰٪ انجام می شود. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۴ ببینید.

۱۱. بیشتر دستور کارهای اضطراری باید توسط تولید/عملیات نوشته شوند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

بیشتر دستور کارهای اضطراری باید توسط تولید – اپراتورها نوشته شوند. اپراتورها همیشه کف کارگاه حضور دارند و باید بدانند برای رسیدن به برنامه تولید، چه چیزی باید تعمیر شود. با این حال، نگهداشت نیز باید، در صورت ایجاد شرایط اضطراری، دستور کارها را بنویسد. کارهای اضطراری و زمان بندی نشده چند برابر کارهای روتین زمان بندی شده هزینه دارند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۴ و ۷ ببینید.

۱۲. انجام PM توسط اپراتورها باید یک شیوه ی متداول باشد.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

این درست است با این فرض که سازمان از TPM به عنوان یکی از راهکارهای برتر استفاده می کند. طبق فلسفه TPM، اپراتورها PM ها را انجام داده، از نگهداشت پشتیبانی می کنند. جزئیات بیشتر را در فصل ۷ ببینید.

۱۳. فاصله P-F می تواند برای بازرسی های چشمی استفاده شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

بله، هدف اصلی آن است که نقص را تشخیص داده، یا آغاز آن را پیدا کرده، پیش از شکست، آن را رفع کنیم. تشخیص می تواند به صورت چشمی یا با استفاده از فناوری های پیش بینانه انجام شود. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۱۴. درک منحنی P-F باید به بهینه سازی فرکانس انجام PM کمک کند.

الف. درست

ب. نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پاسخ: الف – درست

بله، هدف اصلی آن است که نقص را تشخیص داده، یا آغاز آن را پیدا کرده، پیش از شکست، آن را رفع کنیم. فرکانس انجام PM باید کمتر از فاصله P-F باشد. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۱۵. بهترین روش اندازه گیری قابلیت اطمینان یک دارایی، شمارش تعداد از کار افتادگی های آن است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

بله، قابلیت اطمینان با MTBF اندازه گیری می شود، که با تقسیم زمان کارکرد بر تعداد شکست ها یا رویدادهای از کار افتادگی به دست می آید. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۱۶. هدف اصلی زمان بندی، هماهنگ کردن امور نگهداشت به منظور دستیابی به بیشترین بهره برداری از منابع نگهداشت است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

این درست است. هدف این است که همه ی کارهای نگهداشت طبق زمان بندی انجام شوند. جزئیات بیشتر را در فصل ۴ ببینید.

۱۷. چند درصد از دارایی های شما باید، براساس ریسک آنها در کسب و کار، حیاتی و مهم قلمداد شوند؟

الف. کمتر از ۲۰٪

ب. ۲۰ تا ۵۰٪

پ. بیشتر از ۵۰٪

پاسخ: الف – کمتر از ۲۰٪

ما باید به صورت مقرون به صرفه ای از همه دارایی ها مراقبت کنیم. با این حال، منابع مان نامحدود نیست. باید هر کار ممکن را انجام دهیم تا تضمین کنیم که دارایی های حیاتی به درستی نگهداری می

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

شوند. به عنوان یک شیوه خوب مشخص شده است که معمولاً به طور میانگین باید $5\pm 20\%$ دارایی ها به عنوان دارایی های حیاتی در نظر گرفته شوند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۴ ببینید.

۱۸. پایش ارتعاشات می تواند فرسایش یکنواخت پروانه را تشخیص دهد.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

فرسایش یکنواخت هیچ نابالانسی ایجاد نمی کند، بنابراین هیچ ارتعاش [اضافه ای] وجود ندارد. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۱۹. درک علل شناخته شده و محتمل شکست ها می تواند به طراحی استراتژی نگهداشت یک دارایی به منظور پیشگیری یا پیش بینی شکست کمک کند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

اگر مکانیزم شکست – چگونگی شکست یک قطعه یا جزء – را بفهمیم، می توانیم یک استراتژی نگهداشت را برای پیشگیری از شکست توسعه دهیم. جزئیات بیشتر را در فصل های ۸ و ۱۱ ببینید.

۲۰. قابلیت اطمینان می تواند پس از عملیاتی شدن یک برنامه نگهداشت به آسانی بهبود پیدا کند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

قابلیت اطمینان یک ویژگی طراحی است. یعنی قابلیت اطمینان به طراحی یک دارایی – براساس نوع قطعات و پیکربندی آنها – بستگی دارد. یک برنامه نگهداشت نمی تواند قابلیت اطمینان پایه ای (ذاتی) را تغییر دهد، مگر اینکه اجزا با قطعات با قابلیت اطمینان بیشتر و MTBF بالاتر، تعویض یا بازطراحی شوند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۶ و ۸ ببینید.

۲۱. چند درصد از کارهای نگهداشت باید پیش کنشی باشد؟

الف. ۱۰۰٪

ب. ۸۵٪ یا بیشتر

پ. ۵۰٪

پاسخ: ب – ۸۵٪

کار پیش کنشی به صورت: همه ی کارها منهای کارهای زمان بندی نشده/برنامه ریزی نشده، تعریف می شود. می دانیم که کارهای برنامه ریزی و زمان بندی شده نسبت به کارهای زمان بندی نشده و واکنشی هزینه کمتری دارند. ما متوجه شده ایم که راهکار خوب یا برتر این است که کارهای پیش کنشی ۸۵٪ یا بیشتر از کل کارهای ما باشند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۴ ببینید.

۲۲. MTBF با تقسیم زمان عملیاتی بر تعداد شکست های یک دارایی اندازه گیری می شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

MTBF به معنای میانگین زمان بین شکست ها است. این معیار با تقسیم زمان عملیاتی به تعداد شکست ها یا رویدادهای از کار افتادگی محاسبه می شود. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۲۳. هزینه نگهداشت با افزایش قابلیت اطمینان کاهش خواهد یافت.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

در ابتدا، هنگام شروع برنامه بهبود نگهداشت و قابلیت اطمینان، ممکن است هزینه نگهداشت افزایش یابد، ولی در نهایت باید با افزایش قابلیت اطمینان کاهش یابد. با افزایش قابلیت اطمینان یا کاهش تعداد شکست ها، دارایی ها برای انجام وظایف خود بیشتر در دسترس هستند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۶ ببینید.

۲۴. حرف F روی نمودار P-F نشان می دهد که تجهیز همچنان عملیاتی است.

الف. درست

ب. نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

پاسخ: ب – نادرست

در منحنی فاصله P-F، به معنای شکست و P به معنای شکست بالقوه است. جزئیات بیشتر را در فصل های ۶ و ۸ ببینید.

۲۵. با یک حساب سرانگشتی، یک برنامه ریز با تجربه به طور متوسط می تواند برای چند نفر تعمیرکار برنامه ریزی کند؟

الف. ۵

ب. ۱۵

پ. ۲۵ یا بیشتر

پاسخ: ب – ۱۵

به طور میانگین، یک برنامه ریز با تجربه باید بتواند برای حدود 15 ± 5 نفر نیروی فنی، بسته به نوع کار، برنامه ریزی انجام دهد، معمولاً ۱۵ یک عدد خوب است. جزئیات بیشتر را در فصل ۴ ببینید.

۲۶. کدام یک از موارد زیر هدف اصلی پیاده سازی فرآیند برنامه ریزی نیست؟

الف. کاهش کار واکنشی

ب. پیشگیری از تأخیرها در فرآیند نگهداشت

پ. هماهنگ کردن زمان بندی تولید و زمان بندی نگهداشت

پاسخ: پ – هماهنگ کردن زمان بندی تولید و زمان بندی نگهداشت

وظیفه برنامه ریزی و زمان بندی نیست که برنامه نگهداشت و برنامه تولید را هماهنگ کند. با این حال، ممکن است آنها از زمان بندی تولید برای بهبود زمان بندی خود یا شناسایی تعارض ها استفاده کنند. جزئیات بیشتر را در فصل ۴ ببینید.

۲۷. بهترین روش اندازه گیری قابلیت اطمینان یک دارایی کدام است؟

الف. MTTR

ب. MTBF

پ. هر دو

پاسخ: ب – MTBF

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

قابلیت اطمینان با استفاده از MTBF، که زمان عملیات تقسیم بر تعداد شکست ها است، اندازه گیری می شود. MTTR معیار سنجش قابلیت نگهداشت است. جزئیات بیشتر را در فصل های ۶ و ۹ ببینید.

۲۸. به استثنای دستور کارهای اضطراری، برنامه ریزی و زمان بندی برای همه ی کارهای نگهداشت مفید است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

برنامه ریزی و زمان بندی باید برای همه کارهای نگهداشت مفید باشد. کارهای برنامه ریزی شده و زمان بندی شده هزینه کمتری دارند و به موقع تکمیل می شوند. جزئیات بیشتر را در فصل ۴ ببینید.

۲۹. شاخص های کلیدی عملکرد پیشرو نتایج را پیش بینی می کنند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

شاخص های پیشرو شاخص های فرآیندی هستند و ما را به نتایج می رسانند. به عنوان مثال، پایبندی به PM و کار انباشته از شاخص های پیشرو هستند. جزئیات بیشتر را در فصل ۹ ببینید.

۳۰. S ششم در فرآیند 6S (که 5S به علاوه هم نامیده می شود) نشان دهنده ایمنی است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

پنج S اصلی (5S – تفکیک، نظم و ترتیب، پاکیزه سازی، استانداردسازی و پایدارسازی) یک فرآیند نظام مند پایه ای برای بهبود بهره وری، کیفیت و اداره محیط کار است. به تازگی، یک S ششم هم به منظور تمرکز بر ایمنی اضافه شده است. 5S در ژاپن شکل گرفته است. جزئیات بیشتر را در فصل ۷ ببینید.

۳۱. RCM مخفف چیست؟

الف. مراکز دسته بندی نگهداشت (Regimented Centers for Maintenance)

ب. نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (Reliability Centered Maintenance)

پ. مراکز قابل اطمینان نگهداشت (Reliable Centers of Maintenance)

پاسخ: ب – نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان
جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۳۲. هدف RCM حفظ کارکردها است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست
هدف RCM حفظ کارکرد است. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۳۳. قطعات مربوط به شرایط اضطراری نباید در انبار MRO نباید نگهداری شوند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست
تحلیل FMEA/RCM باید جزئیات حالت های شکست و قطعات لازم برای انبارش را مشخص کند. با این حال، در برخی موارد، اگر قطعات در طی چند ساعت به صورت محلی قابل تهیه یا در دسترس باشند، احتمالاً اقتصادی تر است که قطعات را در انبار نگهداری نکنیم. جزئیات بیشتر را در فصل ۵ ببینید.

۳۴. نسبت گردش موجودی انبار MRO باید:

الف. کمتر از ۲ باشد

ب. بین ۴ تا ۶ باشد

پ. بیشتر از ۶ باشد

پاسخ: الف – کمتر از ۲
بله، این عدد باید برای قطعات یدکی مرتبط با نگهداشت، کمتر از ۲ باشد. این قطعات بیشتر از نوع موجودی "A" با زمان سفارش تا تأمین طولانی و گران قیمت هستند. جزئیات بیشتر را در فصل ۵ ببینید.

۳۵. پایبندی به PM یک شاخص کلیدی عملکرد است.

الف. تأخیری

ب. تأخیری یا پیشرو

پ. پیشرو

پاسخ: ب – تأخیری/پیشرو

پایبندی به PM یک شاخص پیشرو برای دسترسی و شاخص تأخیری برای انجام کار است. جزئیات بیشتر را در فصل ۹ ببینید.

۳۶. کیفیت یکی از مؤلفه های کلیدی OEE است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

$OEE = \text{دسترسى} \times \text{عملکرد} \times \text{کیفیت}$. جزئیات بیشتر را در فصل ۷ ببینید.

۳۷. قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت، فقط ویژگی های طراحی هستند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت ویژگی های طراحی هستند. یعنی قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداشت به طراحی دارایی و نوع قطعات و پیکربندی آن بستگی دارند. یک استراتژی نگهداشت نمی تواند قابلیت اطمینان پایه (ذاتی) را تغییر دهد. با این حال، آموزش تکنیک های تعمیر به نیروی کار و تأمین ابزارهای مناسب، بهبود در دسترسی دارایی را به دنبال خواهد داشت. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۳۸. آفرینش فرهنگ قابلیت اطمینان از درون یک شیوه واکنشی در زمان کوتاهی امکان پذیر است، اگر منابع کافی در دسترس باشد.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

تغییر فرهنگ زمان زیادی می طلبد. نمی توانیم یک فرهنگ پایدار را در یک شب تغییر دهیم. تغییر فرهنگی سفری است که سال ها طول می کشد و به منابع وابسته نیست؛ بلکه به زمان وابسته است. جزئیات بیشتر را در فصل ۲ ببینید.

۳۹. روش تیتراسیون کولن سنجی کارل فیشر^۱ یک تکنیک اثربخش برای تعیین مقدار فلزات (به PPM) در یک نمونه روغن است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

روش کارل فیشر برای تعیین محتوای آب برحسب تعداد ذرات در هر میلیون (PPM) در نمونه روغن استفاده می شود. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۴۰. ترموگرافی مادون قرمز یک روش اثربخش برای برآورده کردن الزامات استاندارد NFPA 70E در مورد قوس الکتریکی است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

ترموگرافی مادون قرمز به طور اثربخشی برای تشخیص نقاط داغ یا مشکلات بالقوه در تابلوهای برق، تجهیزات سویچ گیر و غیره استفاده شده، به برآورده کردن الزامات استاندارد NFPA 70E در مورد قوس الکتریکی کمک می کند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۸ و ۱۲ ببینید.

۴۱. FMEA فقط روی دارایی های در حال بهره برداری قابل اعمال است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

¹ Karl Fischer's Coulometric Titration

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

FMEA می تواند روی هر دارایی، بدون توجه به اینکه آیا در حال استفاده است یا نه، اعمال شود. در واقع، FMEA در سیستم های جدیدی که در حال طراحی / توسعه هستند، کاربرد خوبی دارد تا حالت های شکست بالقوه را شناسایی کند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۸ و ۱۱ ببینید.

۴۲. روش RCM نمی تواند به طور اثربخشی روی سیستم های جدید در مرحله طراحی استفاده شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

RCM می تواند روی سیستم های جدید یا "در حال استفاده" اعمال شود. در واقع، این شیوه روی سیستم های جدیدی که در حال توسعه هستند، کاربرد خوبی دارد، تا حالت های شکست بالقوه را شناسایی کرده، یک برنامه نگهداشت اثربخش توسعه داده شود. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۴۳. آموزش مناسب نیروی کار نگهداشت و قابلیت اطمینان می تواند قابلیت دسترسی دارایی و کارخانه را افزایش دهد.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

آموزش نیروی کار نگهداشت و قابلیت اطمینان در به کارگیری ابزار / تکنیک های جدید، زمان تعمیر را کاهش داده، به افزایش دسترسی منجر خواهد شد. جزئیات بیشتر را در فصل های ۱۰ و ۱۱ ببینید.

۴۴. TPM گونه ای از نگهداشتهاست که توسط اپراتورها انجام می شود.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

نگهداشت بهره ور فراگیر (TPM) یک استراتژی نگهداشت است که در آن یک اپراتور برخی از کارهای نگهداشت را انجام می دهد که گاهی به آنها نگهداشت سطح اول گفته می شود، مانند تعویض فیلترها، تنظیمات کوچک و غیره، و به عنوان یکی از اعضای تیم نگهداشت در پشتیبانی از تعمیرات اصلی کار می کند. جزئیات بیشتر را در فصل ۷ ببینید.

۴۵. شاخص های کلیدی عملکرد تأخیری، نتایج یک فرآیند هستند.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

شاخص های تأخیری، همان نتایج هستند. به عنوان مثال، هزینه نگهداشت و دسترسی، شاخص های تأخیری هستند. جزئیات بیشتر را در فصل ۹ ببینید.

۴۶. تعداد سفارش اقتصادی (EOQ) نسبت گردش موجودی را بهبود می دهد.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

EOQ (تعداد سفارش اقتصادی) تعداد سفارش بهینه را برای بهینه سازی هزینه موجودی محاسبه می کند. این متغیر روی نسبت گردش موجودی تأثیری ندارد. جزئیات بیشتر را در فصل ۵ ببینید.

۴۷. روغن جدید دریافت شده از تأمین کننده همیشه تمیز و آماده استفاده است.

الف. درست

ب. نادرست

پاسخ: ب – نادرست

مشخص شده است که روغن ورودی همیشه تمیز نیست و الزامات تمیزی روغن را برآورده نمی کند. بهترین سازمان ها سیستم هایی برای تمیز کردن همه ی روغن های ورودی ایجاد می کنند تا تضمین کند که روغن جدید الزامات تمیزی را برآورده می کند. جزئیات بیشتر را در فصل ۸ ببینید.

۴۸. کدام فاز از چرخه عمر دارایی بیشترین هزینه را دارد؟

الف. طراحی

ب. تملک

پ. عملیات و نگهداشت

پاسخ: پ – عملیات و نگهداشت

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی
فاز عملیات و نگهداشت معمولاً بیشترین هزینه را در چرخه عمر یک دارایی دارد. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۴۹. بیشتر هزینه های نگهداشت در کدام مرحله ثابت می شوند؟

الف. پس از نصب

ب. در زمان بهره برداری

پ. در زمان طراحی

پاسخ: پ – در زمان طراحی
بیشتر هزینه های نگهداشت در فاز طراحی ثابت می شوند. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۵۰. چه زمانی RCM بهترین نتایج را فراهم می کند؟

الف. در زمان بهره برداری / تولید

ب. در زمان طراحی / توسعه

پ. پس از آنکه دارایی دچار شکست های متوالی شد

پاسخ: ب – طراحی
برای دستیابی به حداکثر منافع، RCM باید در مرحله طراحی استفاده شود. جزئیات بیشتر را در فصل های ۶ و ۸ ببینید.

۵۱. مدت زمانی که بازیابی یک دارایی طول می کشد را با کدام شاخص می توان اندازه

گیری کرد؟

الف. MTBF

ب. MTTR

پ. MTBMA

ت. هیچ کدام از موارد فوق

پاسخ: ب – MTTR
MTTR معیار سنجش زمانی است که می توانیم یک دارایی را به عملیات بازگردانیم. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۵۲. قابلیت دسترسی تابعی است از:

الف. MTBF

ب. MTTR

پ. زمان در دسترس (آماده به کاری)

ت. زمان در دسترس و زمان از کار افتادگی

پاسخ: ت - زمان در دسترس و زمان از کار افتادگی
دسترسی به صورت زمان در دسترس تقسیم بر زمان در دسترس به علاوه زمان از کار افتادگی تعریف می شود. جزئیات بیشتر را در فصل ۶ ببینید.

۵۳. نرخ شکست یک قطعه / دارایی را با دانستن کدام متغیر می توان محاسبه کرد:

الف. تعداد شکست ها

ب. MTBF

پ. MTTR

ت. زمان در دسترس

پاسخ: ب - MTBF
نرخ شکست، معکوس MTBF است. جزئیات بیشتر را در فصل ۵ ببینید.

۵۴. بیشترین منافع تحلیل حالت ها و علل شکست در کدام مرحله به دست می آید؟

الف. مرحله بهره برداری

ب. مرحله نگهداشت

پ. مرحله طراحی

ت. هیچ کدام

پاسخ: پ - طراحی
FMEA باید در مرحله طراحی انجام شود تا حالت های شکست را شناسایی کرده، حالت هایی که می توانند به طور مناسب حذف شوند یا تأثیر آنها کاهش یابد، را به صورت مقرون به صرفه ای شناسایی کند. جزئیات بیشتر را در فصل های ۶ و ۱۱ ببینید.

۵۵. پایداری به زمان بندی PM باید مساوی یا بزرگ تر از ۹۵٪ باشد.

الف. درست

نام کتاب: شیوه های برتر در نگهداشت و قابلیت اطمینان – مترجمان: میثم زمانیان یزدی، سعید رمضانی

ب. نادرست

پاسخ: الف – درست

پایبندی بالا (۹۵٪ یا بیشتر) به زمان بندی نگهداشت پیشگیرانه، شکست های احتمالی را پیش از وقوع آنها کشف می کند؛ و در نتیجه، خرابی های غیر منتظره را کاهش می دهد. جزئیات بیشتر را در فصل های ۳ و ۴ ببینید.