

بهینه‌سازی نگهداشت
و بهبود قابلیت اطمینان
نظریه و کاربردها

ویرایش دوم

اندرو جاردین، آلبرت تسانگ

ترجمه علی زواشکیانی، مبین نادری، محسن ربیعی

سرشناسه:	جاردین، اندرو، .Jardine, Andrew.
عنوان و نام پدیدآور:	بهینه‌سازی، نگهداشت و بهبود قابلیت اطمینان: نظریه و کاربردها / اندرو جاردین، آلبرت تسانگ؛ ترجمه علی زواشکیانی، مبین نادری، محسن ربیعی.
مشخصات نشر:	تهران: آریانا قلم، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری:	۴۳۱ ص
شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۷۰۸۹-۰۰-۴
عنوان اصلی:	Maintenance, Replacement, and Reliability (Mechanical Engineering), 2017.
رده‌بندی کنگره:	HD ۳۰/۲۸/گ۳۶م۴
رده‌بندی دیویی:	۶۵۰/۱۲۵۷
شماره کتاب‌شناسی ملی:	۵۹۴۲۶۵۹

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۹
۱.۱. از مدیریت نگهداشت تا مدیریت دارایی های فیزیکی	۹
۲.۱. چالش های مدیریت دارایی های فیزیکی (PAM)	۱۰
۳.۱. پیشرفت PAM	۱۴
۴.۱. راهنمای PAS 55: چارچوبی برای مدیریت بهینه دارایی های فیزیکی	۱۸
۵.۱. قابلیت اطمینان با مشارکت بهره بردار: TPM	۱۹
۶.۱. قابلیت اطمینان در طراحی: RCM	۲۲
۷.۱. بهینه سازی تصمیمات تعویض و نگهداشت	۲۷
۸.۱. رویکرد کمی	۳۱
۹.۱. الزامات داده ها برای مدل سازی	۴۳
منابع	۴۴
فصل دوم: تصمیم گیری درباره تعویض قطعات	۴۷
۱.۲. مقدمه	۴۷
۲.۲. بازه های تعویض بهینه برای تجهیزاتی که هزینه عملیاتی آن ها به موازات استفاده، افزایش می یابد	۵۲
۳.۲. تعویض پیشگیرانه تصادفی: مقدمات	۶۱
۴.۲. فاصله بهینه تعویض پیشگیرانه برای اقلام در معرض خرابی (که سیاست گروهی یا بلوکی نیز نامیده می شود)	۶۳
۵.۲. عمر بهینه تعویض پیشگیرانه برای اقلام در معرض خرابی	۷۵

۶.۲	زمان بهینه تعویض پیشگیرانه قطعه در معرض خرابی، با توجه به زمان لازم برای تعویض خرابی و پیشگیرانه.	۸۲
۷.۲	فاصله یا عمر بهینه برای تعویض پیشگیرانه قطعات در معرض خرابی: کمیته‌سازی زمان توقف	۸۵
۸.۲	تعویض گروهی: فاصله بهینه بین تعویض‌های گروهی قطعات در معرض خرابی؛ مسئله تعویض لامپ	۹۱
۹.۲	سایر مدل‌های تعویض	۹۵
۱۰.۲	نمونه پژوهی برای اولویت‌بندی پروژه، آزمایش‌های روند، تحلیل وایبل و بهینه‌سازی فواصل تعویض قطعه	۱۰۲
۱۱.۲	تهیه قطعات یدکی: قطعات یدکی تعویض پیشگیرانه	۱۰۹
۱۲.۲	تهیه قطعات یدکی: قطعات بیمه‌ای	۱۱۱
۱۳.۲	حل مدل‌های فواصل ثابت و مبتنی بر عمر به صورت گرافیکی: استفاده از نمودارهای گلاسر	۱۲۱
۱۴.۲	حل مدل‌های فاصله ثابت و مبتنی بر عمر با استفاده از نرم‌افزار OREST	۱۲۵
	تمرین	۱۲۹
	منابع	۱۴۰
۱۴۳	فصل سوم: تصمیم‌های بازرسی	
۱.۳	مقدمه	۱۴۳
۲.۳	تواتر بهینه بازرسی: بیشینه‌سازی سود	۱۴۴
۳.۳	تواتر بهینه بازرسی: کمیته‌سازی زمان توقف	۱۵۲
۴.۳	فاصله بهینه بازرسی برای بیشینه‌سازی دسترس‌پذیری تجهیزات مورد استفاده	۱۵۶
۵.۳	بهینه‌سازی تصمیم‌گیری برای CBM	۱۶۴
	تمرین	۱۷۹
	منابع	۱۸۵
۱۸۹	فصل چهارم: تصمیم‌گیری درباره تعویض تجهیزات سرمایه‌ای	
۱.۴	مقدمه	۱۸۹
۲.۴	بازه بهینه تعویض برای تجهیزات سرمایه‌ای: کمیته‌سازی هزینه‌های کلی	۱۹۲
۳.۴	فاصله بهینه تعویض برای تجهیزات سرمایه‌ای: بیشینه‌سازی سود تنزیل‌یافته	۲۰۱
۴.۴	فاصله بهینه تعویض برای تجهیزات سرمایه‌ای با الگوی به‌کارگیری متغیر: کمیته‌سازی کل هزینه‌ها	۲۰۹
۵.۴	سیاست بهینه تعویض تجهیزات سرمایه‌ای با توجه به پیشرفت فناوریانه: افق برنامه‌ریزی محدود	۲۱۷
۶.۴	سیاست بهینه تعویض برای تجهیزات سرمایه‌ای با توجه به پیشرفت‌های فناوریانه: افق برنامه‌ریزی نامحدود	۲۲۳
۷.۴	نرم‌افزاری برای بهینه‌سازی عمر اقتصادی	۲۲۹
	تمرین	۲۳۳
	منابع	۲۴۶

فصل پنجم: الزامات منابع نگهداشت ۲۴۷

۱.۵. مقدمه ۲۴۷

۲.۵. مقدمات نظریهٔ صف ۲۵۰

۳.۵. تعداد بهینهٔ دستگاه‌های کارگاه برای پاسخ به بار کاری غیر ثابت ۲۵۴

۴.۵. ترکیب بهینهٔ دوره از تجهیزات مشابه (مانند دستگاه تراش متوسط و بزرگ) برای مدیریت بار کاری غیر ثابت ۲۶۳

۵.۵. مثال کاربردی: تعیین تعداد بهینهٔ ناوگان تجهیزات ۲۸۳

۶.۵. اندازهٔ بهینهٔ کارکنان واحد نگهداشت برای انجام کار متغیر، باتوجه به فرصت‌های برون‌سپاری ۲۸۵

۷.۵. تصمیم‌گیری دربارهٔ اجاره یا خرید ۲۹۳

تمرین ۲۹۸

منابع ۳۰۰

پیوست ۱: مبانی آماری ۳۰۱

۱.۱. مقدمه ۳۰۱

۲.۱. هیستوگرام فراوانی نسبی ۳۰۲

۳.۱. تابع چگالی احتمال ۳۰۲

۴.۱. تابع توزیع تجمعی ۳۰۷

۵.۱. تابع قابلیت اطمینان ۳۰۹

۶.۱. نرخ خطر ۳۱۱

تمرین ۳۱۵

منابع ۳۱۸

برای مطالعهٔ بیشتر ۳۱۸

پیوست ۲: تحلیل وایبل ۳۱۹

۱.۲. توزیع وایبل ۳۱۹

۲.۲. کاغذ وایبل ۳۲۳

۳.۲. نمودار وایبل ۳۲۵

۴.۲. بازهٔ اطمینان نمودار وایبل ۳۳۵

۵.۲. عمر B_q ۳۳۸

۶.۲. آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف ۳۳۸

۷.۲. تحلیل داده‌های خرابی با داده‌های معلق ۳۴۲

۸.۲. تحلیل داده‌های خرابی گروهی با تعلیق‌های متعدد ۳۴۷

۳۵۱	پ.۹.۲. تحلیل داده‌های خرابی رقابتی.....
۳۵۲	پ.۱۰.۲. نمودار خطر.....
۳۵۶	پ.۱۱.۲. سایر روش‌های تحلیل وایبل.....
۳۵۷	پ.۱۲.۲. تحلیل روند داده‌های خرابی.....
۳۶۱	تمرین.....
۳۷۰	منابع.....
۳۷۰	مطالعه بیشتر.....
۳۷۱	پیوست ۳: برآوردگر احتمال بیشینه
۳۷۱	پ.۱.۳. روش کار.....
۳۷۲	پ.۲.۳. برآوردگر احتمال بیشینه در پارامترهای توزیع نمایی.....
۳۷۳	پ.۳.۳. کاربردش برای آزمون عمر.....
۳۷۴	پ.۴.۳. برآوردگر احتمال بیشینه در پارامترهای توزیع وایبل.....
۳۷۵	پیوست ۴: زنجیره‌های مارکوف
۳۷۵	پ.۱.۴. تعریف زنجیره مارکوف.....
۳۷۷	پ.۲.۴. احتمالات گذار N مرحله‌ای.....
۳۷۸	پ.۳.۴. احتمال حالت محدود.....
۳۷۸	پ.۴.۴. میانگین زمان‌های اولین مسیر.....
۳۷۸	پ.۵.۴. برازش مدل زنجیره مارکوف.....
۳۷۹	پ.۶.۴. زنجیره‌های مارکوف به همراه پاداش.....
۳۸۱	پیوست ۵: استخراج دانش
۳۸۱	پ.۱.۵. مقدمه.....
۳۸۱	پ.۲.۵. استخراج دانش.....
۳۸۶	پ.۳.۵. ترکیب دانش خبرگان با داده‌ها.....
۳۹۱	پ.۴.۵. مثال عددی.....
۳۹۳	پ.۵.۵. مثال‌های کاربردی.....
۳۹۴	پ.۶.۵. توضیحات تکمیلی.....
۳۹۵	منابع.....
۳۹۷	پیوست ۶: ارزش زمانی پول - تحلیل تنزیل جریان نقدی

۳۹۷.....	پ.۱.۶. مقدمه.....
۳۹۹.....	پ.۲.۶. فرمول‌های ارزش فعلی.....
۴۰۳.....	پ.۳.۶. تعیین نرخ بهره مناسب.....
۴۰۴.....	پ.۴.۶. تورم.....
۴۰۵.....	پ.۵.۶. هزینه معادل سالیانه.....
۴۰۵.....	پ.۶.۶. مثال: انتخاب جایگزین، تصمیم‌گیری یک‌باره.....
۴۰۸.....	پ.۷.۶. توضیحات تکمیلی.....
۴۰۸.....	منابع.....
۴۰۹.....	پیوست ۷: فهرست کاربردهای مدل‌های بهینه‌سازی تصمیم‌های نگهداشت.....
۴۱۵.....	پیوست ۸: مختصات توزیع نرمال استاندارد.....
۴۱۷.....	پیوست ۹: نواحی دنباله توزیع نرمال استاندارد.....
۴۲۱.....	پیوست ۱۰: مقادیر تابع گاما.....
۴۲۳.....	پیوست ۱۱: جدول رتبه‌های میانه.....
۴۲۵.....	پیوست ۱۲: جدول رتبه‌های پنج درصد.....
۴۲۷.....	پیوست ۱۳: جدول رتبه‌های نود و پنج درصد.....
۴۲۹.....	پیوست ۱۴: مقادیر حیاتی در آمار کولموگوروف - اسمیرنوف (d_α).....

فصل اول: مقدمه

دو قانون مدل‌سازی مطلوب:

- پرسشی را که قرار است مدل به آن پاسخ دهد، به شکل شفاف تعریف کنید.
- مدل را از آنچه برای پاسخ به پرسش ضرورت دارد، پیچیده‌تر نکنید.

جان هارت^۱

۱.۱. از مدیریت نگهداشت تا مدیریت دارایی‌های فیزیکی

از دیدگاه سنتی، وظیفه نگهداشت، تعمیر اقلامی است که خراب شده‌اند. در این دیدگاه محدود، فعالیت‌های نگهداشت به وظایف واکنشی تعمیر یا تعویض قطعاتی محدود می‌شود که بر اثر خرابی ایجاد شده‌اند. بنابراین، این رویکرد را نگهداشت واکنشی، نگهداشت خرابی یا نگهداشت اصلاحی می‌نامند. دیدگاهی تازه‌تر به نگهداشت را جراردز^۲ (۱۹۸۵) چنین تعریف کرده است: «نگهداشت شامل تمام فعالیت‌هایی است که هدفشان حفظ وضعیت فیزیکی تجهیز یا بازگرداندنش به وضعیتی است که برای انجام کارکرد عملیاتی آن تجهیز ضروری است». آشکار

1. John Harte
2. Geraerds

است که دامنه این دیدگاه گسترده، وظایف پیش‌کنشی مانند تعمیرات روزانه و بازرسی‌های دوره‌ای، تعویض پیش‌گیرانه و پایش وضعیت را نیز دربرمی‌گیرد. بسته به نحوه استقرار مسئولیت‌ها در سازمان، ممکن است واحدهای مختلفی مسئولیت انجام فعالیت‌های نگهداشت را عهده‌دار باشند. برای مثال، در سازمانی که نگهداشت بهره‌ور فراگیر (TPM)^۱ را اجرا می‌کند، تعمیرات روزانه و بازرسی‌های دوره‌ای تجهیزات را کارکنان بهره‌برداری انجام می‌دهند، درحالی‌که تعمیرات اساسی و عمده را واحد نگهداشت انجام می‌دهد. [۱۵] در قسمت ۵.۱ به تفصیل درباره TPM بحث خواهیم کرد.

اگر بخواهیم بعد استراتژیک نگهداشت را هم در نظر بگیریم، باید تصمیمات اثرگذار بر الزامات آینده نگهداشت سازمان را هم پوشش دهیم. تصمیم‌گیری درباره تعویض تجهیزات و بازطراحی‌ها برای بهبود قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری نمونه‌هایی از این نوع فعالیت‌ها هستند. انجمن مهندسی نگهداشت استرالیا (MESA)^۲ چنین چشم‌انداز گسترده‌ای را برای نگهداشت در نظر می‌گیرد و کارکردش را این‌طور تعریف می‌کند: «تصمیمات مهندسی و اقدامات مرتبط که برای بهینه‌سازی قابلیت مدنظر، ضروری و کافی هستند». در این تعریف، «قابلیت»^۳، توانایی اجرای اقدامی خاص در محدوده‌ای از سطوح عملکردی است. ویژگی‌های قابلیت شامل کارکرد، ظرفیت، نرخ، کیفیت، پاسخگویی و تنزل فیزیکی هستند. بنابراین، دامنه مدیریت نگهداشت باید تمام مراحل چرخه عمر سیستم‌های فنی (کارخانه، ماشین‌آلات، تجهیزات و تأسیسات) را پوشش دهد: مشخصات، نوع مالکیت (خرید، ساخت یا اجاره)، برنامه‌ریزی، عملیات، ارزیابی عملکرد، بهبود و اسقاط. [۱۶] وقتی کارکرد نگهداشت را در این زمینه گسترده‌تر در نظر می‌گیریم، از آن با نام «مدیریت دارایی‌های فیزیکی» (PAM)^۴ یاد می‌کنیم.

۲.۱. چالش‌های مدیریت دارایی‌های فیزیکی (PAM)

سازمان‌هایی که خواهان دستیابی به تعالی در عملکرد هستند، بنا بر الزامات کسب‌وکار مجبورند

-
1. Total Productive Maintenance
 2. Maintenance Engineering Society of Australia
 3. Capability
 4. Physical Asset Management

که به طور مداوم قابلیت خود را برای ارزش‌زایی برای مشتریان و بهبود هزینه-اثر بخشی عملیات‌هایشان افزایش دهند. واحد PAM که یکی از کارکردهای پشتیبانی مهم در کسب‌وکارهایی است که سرمایه‌گذاری فراوانی در کارخانه‌ها و ماشین‌آلات انجام داده‌اند، نقشی پررنگی در تحقق این امر دشوار ایفا می‌کند.

در نتیجه پیشرفت‌هایی که در چهار عرصه زیر اتفاق افتاده است، نیاز به بهره‌گیری از PAM بسیار حیاتی‌تر شده است.

۱.۲.۱. گرایش‌های نوظهور در استراتژی‌های عملیات

مکتب و مفهوم صرفه‌جویی به مقیاس^۱ رفته‌رفته در حال ازدست‌دادن طرفدارانش است و شمار زیادی از سازمان‌ها به برنامه‌های تولید ناب، تولید بهنگام و شش سیگما روی آورده‌اند. این روندها نشانگر تغییر تمرکز از حجم به پاسخ سریع، حذف اتلافات، کاهش موجودی انبار و پیشگیری از خرابی است. امروزه با توجه به افزایش تقاضا و انتظارات، در صورت عدم بهره‌گیری از این گرایشات، خرابی‌ها و افت سرعت و بازده نامنظم فرایند، بلافاصله مشکلاتی در عرضه به‌موقع محصولات و خدمات به مشتریان ایجاد می‌کنند. نصب تجهیزات و امکانات مناسب، بهینه‌سازی نگهداشت آن‌ها و انتخاب افراد مناسب برای اجرای فعالیت‌های نگهداشت، از جمله عوامل حیاتی برای حمایت از این استراتژی‌های عملیاتی هستند.

۲.۲.۱. افزایش انتظارات جامعه

حفظ خدمات ضروری، حمایت از محیط‌زیست و تأمین ایمنی و سلامت افراد در سراسر جهان و به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته جزو پیش‌فرض‌های عمومی تلقی می‌شود. در نتیجه، در این کشورها مقررات فراوانی برای کنترل آلاینده‌گی صنعتی و پیشگیری از وقوع حوادث در محیط کار تصویب شده است. ماشین‌آلات اوراق، دستگاه‌های معیوب و استفاده نامناسب از مواد و انرژی، از منابع آلودگی هستند. این موارد اغلب باعث می‌شوند که سازمان‌ها و کارخانه‌ها در وضعیتی غیربهینه فعالیت کنند. خرابی تجهیزات که برای تولید حیاتی محسوب می‌شوند، تولید را متوقف می‌کند. در فرایندهای تولید مواد شیمیایی، پسماندهایی که طی دوره راه‌اندازی پس از وقفه‌های

تولید ایجاد می‌شوند، یکی از علل اصلی آلودگی هستند. جدا از تولید پسماندها، خرابی‌های فاجعه‌بار کارخانه‌ها و ماشین‌آلات هم یکی از علل اساسی قطع خدمات اساسی، حوادث صنعتی و مخاطرات ایمنی و سلامتی است. حفظ وضعیت بهینه‌داری‌ها و پیشگیری از خرابی‌های بحرانی، از ابزارهای مؤثر برای مدیریت ریسک‌های قطع خدمات، آلودگی و حوادث صنعتی به‌شمار می‌روند. این‌ها بخشی از کارکردهای اصلی PAM هستند.

۳.۲.۱. تغییرات فناوری

فناوری همیشه محرک اصلی تغییر در زمینه‌های گوناگون بوده است. در دهه‌های اخیر فناوری با سرعتی نفس‌گیر در حال پیشرفت بوده است و نشانه‌ای هم از کاهش این شتاب در آینده نزدیک دیده نمی‌شود. نگهداشت نیز، ناگزیر، تحت تأثیر تغییرات شتابان فناوری قرار دارد. آزمون‌های غیرمخرب، مبدل‌ها، ارتعاش‌سنجی، ترموگرافی، فروگرافی و طیف‌سنجی، اجرای بازرسی‌های غیرنفوذی^۱ را ممکن می‌سازند. با به‌کارگیری این فناوری‌ها می‌توانیم وضعیت تجهیزات در حال عملیات را به‌طور مستمر یا متناوب پایش کنیم. این فناوری‌ها به پیدایش نگهداشت اقتضایی (CBM)^۲ منجر شدند که جایگزینی برای رویکرد سنتی زمان‌محور در نگهداشت پیشگیرانه محسوب می‌شود.

امروزه الکترونیک قدرت، کنترل‌گر منطقی برنامه‌پذیر (PLC)^۳، کنترل‌های کامپیوتری، ترانسپوندرها و سیستم‌های مخابراتی جایگزین سیستم‌های الکترومکانیکی شده‌اند و مزایایی همچون بهبود قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری، اندازه کوچک، وزن سبک و هزینه کم را به ارمغان آورده‌اند. فناوری کنترل پرواز هواگرد^۴ که از سیستم‌های الکترونیکی تحت کنترل نرم‌افزار استفاده می‌کند، به نوعی استاندارد طراحی برای نسل فعلی هواپیماها بدل شده است. سلول‌های تولید انعطاف‌پذیر و سیستم‌های تولید یکپارچه کامپیوتری رفته‌رفته در صنایع تولیدی جا باز کرده‌اند. در برخی شهرهای پیشرفته، کارت‌های هوشمند غیرتماسی^۵ به‌عنوان ابزاری آسان برای پرداخت پول

-
1. Nonintrusive inspection
 2. Condition-based maintenance
 3. Programmable Logic Controller
 4. Fly-by-wire technology
 5. Contactless smartcard

جا افتاده است. شرکت‌های انتقال و توزیع برق از سیستم‌های اتوماسیون^۱ بهره می‌گیرند تا از راه دور بتوانند مشکلات شبکه انتقال و توزیع را شناسایی و مدیریت کنند. فناوری شناسایی با امواج رادیویی (RFID) را هم می‌توان برای ردیابی دارایی‌های سیار مانند وسایل نقلیه به‌کار برد. از داده‌هایی که از طریق حسگرهای تعبیه شده روی دارایی‌های حیاتی به برجسب‌های RFID منتقل می‌شوند، می‌توان برای پیش و پیش‌بینی سلامت تجهیزات استفاده کرد.

بهره‌گیری از این فناوری‌های جدید برای افزایش دسترس‌پذیری سیستم، بهبود هزینه-اثربخشی و ارائه خدمات بهتر و نوآورانه به مشتریان ضروری است. این پیشرفت‌ها، مدیریت دارایی‌ها را با چالش‌های جدیدی روبه‌رو می‌کند. برای تعیین و طراحی این سیستم‌های جدید که متکی به فناوری‌های جدید هستند، به دانش جدید نیاز است. برای راه‌اندازی، بهره‌برداری و نگهداشت چنین سیستم‌هایی، باید توانایی‌های جدیدی ایجاد شوند. در مرحله معرفی نیز ایجاد ارتباط بین کارخانه‌ها و تجهیزات قدیمی و جدید چالش دیگری است که واحد PAM باید از پس آن برآید. [۲۴]

۴.۲.۱. افزایش تأکید بر پایداری

پایداری بدین معناست که تمام پیشرفت‌ها باید پایدار باشند، یعنی «نیازهای کنونی را برآورده کنند، بدون اینکه بر توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود، تأثیری منفی بگذارند». [۲] پایداری سه ستون دارد که الزامات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی را نشان می‌دهند؛ این‌ها را اصول سه‌گانه نیز می‌نامند. پایداری در محیط تجاری امروز اهمیتی دوچندان یافته است. شرکت‌ها در واکنش به این الزام تجاری دریافته‌اند که تمرکز صرف بر تعالی مباحث عملیاتی دیگر برای ماندن در عرصه رقابت کافی نیست و باید الزامات پایداری را به‌عنوان یکی از مسائل حیاتی کسب‌وکار مدنظر قرار دهند. مقررات، مسئولیت‌پذیری و آگاهی اجتماعی، استانداردها و مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها، برخی از عواملی هستند که شرکت‌ها را به‌سوی افزایش پایداری هدایت می‌کنند. در سازمان‌های تولیدی، نگهداشت رفته‌رفته به یکی از ویژگی‌های حیاتی در تحقق جامعه‌ای پایدار تبدیل می‌شود، به‌ویژه زمانی که کل چرخه عمر محصولات و دارایی‌ها مدنظر قرار می‌گیرند. در نتیجه، نقش PAM پررنگ‌تر شده است. شرکت‌هایی که در زمینه پایداری موفق عمل کرده‌اند، رویکردی فراگیر برای مدیریت دارایی‌های خود اتخاذ کرده‌اند که در آن PAM دیگر عنصری مجزا نگریده نمی‌شود، بلکه

یکی از اجزای کسب‌وکاری است که با اتکا به این دارایی‌ها فعالیت می‌کند. با بهره‌گیری از روش‌های مناسب و ابزارهای PAM، عواملی از جمله هزینه کل مالکیت، عملکرد چرخه عمر، مصرف انرژی، اسقاط دارایی‌ها و ایمنی می‌تواند به‌خوبی بهینه‌سازی شود. برای مثال، اتخاذ رویکرد صحیح در نگهداشت، با توانمندسازی تصمیم‌گیران نگهداشت برای طراحی فعالیت‌هایی که الزامات پایداری را مدنظر قرار می‌دهند، می‌تواند برای سازمان ارزش‌زایی کند. در نتیجه، در PAM بیش‌ازپیش بر یکپارچه‌سازی عوامل مرتبط با پایداری تأکید می‌شود. به همین سبب است که «پایداری» به‌عنوان یکی از اصول و ویژگی‌های کلیدی مدیریت موفق دارایی‌ها در راهنمای مدیریت دارایی‌ها (PAS 55) درج شده است؛ راهنمای PAS 55 چارچوبی برای مدیریت بهینه دارایی‌های فیزیکی است که در قسمت ۴.۱ معرفی خواهد شد.

۳.۱ پیشرفت PAM

سازمان‌ها برای غلبه بر چالش‌هایی که در بخش ۲.۱ برشمردیم، باید بر بهبود عملکرد دارایی‌های فیزیکی خود تمرکز کنند. این کار را می‌توان با داشتن استراتژی روشن، کارکنان شایسته و سیستم‌های مناسب، تاکتیک‌های مقتضی و کنترل کار از طریق برنامه‌ریزی و زمان‌بندی، بهینه‌سازی نگهداشت و بازمهندسی فرایندها انجام داد.

۱.۳.۱. تعالی نگهداشت

پیمایشی که مجله «مهندسی و نگهداشت کارخانه»^۲ انجام داد [۱۹]، نشان داد که بودجه نگهداشت بین ۲ تا ۹۰ درصد کل بودجه عملیاتی کارخانه است و میانگینش هم ۲۰/۸ درصد است. لذا می‌توان استدلال کرد که بهره‌برداری و نگهداشت جزو کارکردهای پرهزینه در صنایع تجهیز محور به‌شمار می‌رود. این صنایع با اتخاذ تصمیم‌های درست و مناسب برای نگهداشت می‌توانند صرفه‌جویی‌های هنگفتی در هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداشت انجام دهند. اما متأسفانه فرایندهای فعالیت‌های نگهداشت معمولاً غیربهینه است. رسیدن به تعالی در نگهداشت موجب

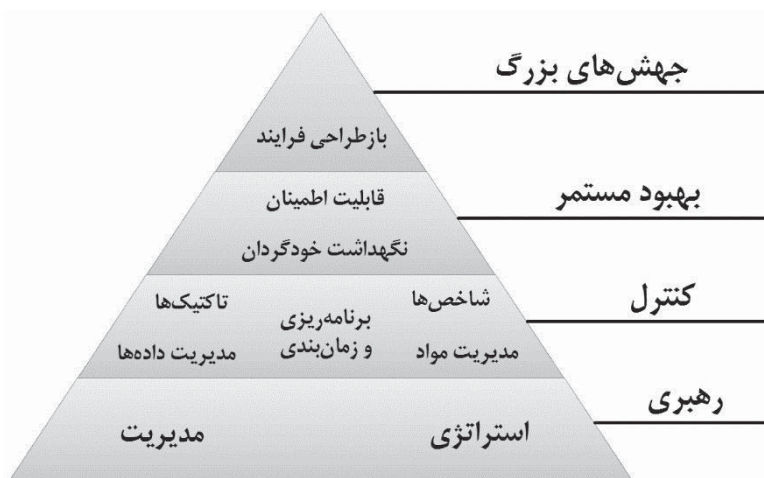
۱. این راهنما به فارسی منتشر شده است: مدیریت دارایی‌ها، مؤسسه استانداردهای بریتانیا، ترجمه علی زواشکیانی و محسن ربیعی، تهران: آریانا قلم، ۱۳۹۲.

می‌شود که این واحد دیگر مایه در دسر کسب‌وکار نباشد و با کاهش هدررفت و بیشینه‌سازی کارایی و بهره‌وری، سودآور شود و درآمد خالص شرکت را بیشتر کند. تعالی نگهداشت به این معناست که مجموعه‌ای از کارها، درست انجام شوند. این اتفاق زمانی می‌افتد که:

- در هنگام نیاز، کارخانه مطابق استانداردهای طراحی‌اش کار کند و تجهیزات به‌خوبی عمل کنند.
- هزینه‌های نگهداشت از محدوده بودجه فراتر نرود و سرمایه‌گذاری معقولی در دارایی‌های جدید انجام شود.
- سطح خدمات بالا باشد.
- گردش موجودی مواد و قطعات نگهداشت، تعمیرات و عملیات (MRO) بالا باشد.
- کارکنان فنی با‌انگیزه و توانمند باشند.

مهم‌تر از همه اینکه تعالی نگهداشت به برقراری تعادل بین عملکرد، ریسک‌ها و منابع ورودی می‌پردازد تا به راهکاری بهینه دست یابد. البته رسیدن به این تعادل ساده نیست؛ زیرا بیشتر آنچه در محیط‌های صنعتی روی می‌دهد، با عدم قطعیت همراه است.

رویکرد ساختاریافته برای دستیابی به تعالی نگهداشت در شکل ۱.۱ نشان داده شده است. [۳] در مسیر دستیابی به تعالی نگهداشت، سه نوع هدف کلی وجود دارد [۴] که در ادامه درباره‌شان بحث می‌شود.



شکل ۱.۱. رویکرد ساختاریافته برای دستیابی به تعالی در نگهداشت

۱.۱.۳.۱. استراتژیک

نخست باید نقشه‌ای ترسیم کنید و مسیری برای رسیدن به مقصدتان تعیین کنید. این نقشه نشان می‌دهد که عملکرد مدیریت دارایی‌ها چگونه باید باشد و سطح عملکرد کنونی را نیز ارزیابی می‌کند. تفاوت بین این دو را، یعنی بین مقصد و سطح عملکرد کنونی را شکاف عملکردی می‌نامند. استراتژی‌ای که سازمان برای مدیریت دارایی‌ها در پیش می‌گیرد، مشخص می‌کند که برای پرکردن این شکاف چه اقداماتی باید انجام شود. هنگام تدوین برنامه‌های اجرایی، باید منابع لازم و بازه زمانی نیز معین شوند. این اقدامات مدیریتی که نخستین لایه شکل ۱.۱ را ایجاد می‌کند، راهنمایی برای فعالیت‌های نگهداشت فراهم می‌کند.

۲.۱.۳.۱. تاکتیکی

برای پشتیبانی از عملیات، علاوه بر دارایی‌ها، به سیستمی برای مدیریت کار (برنامه‌ریزی و زمان‌بندی) و سیستمی برای مدیریت مواد هم نیاز دارید تا بتوانید فرایندهای نگهداشت را کنترل کنید. تاکتیک‌های مدیریت ریسک خرابی دارایی‌ها نیز باید مشخص شوند. این گزینه‌ها شامل اقدامات نگهداشت زمان‌محور، از رده خارج کردن زمان‌محور، CBM، کارکرد تا خرابی، آزمون‌های عیب‌یابی و بازطراحی فرایند یا تجهیزات هستند. داده‌های مربوط به پیشینه تجهیزات، ضمانت‌نامه‌ها و الزامات قانونی و نیز وضعیت دستور کارهای نگهداشت هم باید مستندسازی و کنترل شوند. معمولاً این داده‌ها را نوعی سیستم کامپیوتری مدیریت نگهداشت (CMMS) یا سیستم مدیریت دارایی‌های سازمان (EAM) مدیریت می‌کند.

برای ارزیابی عملکرد مدیریت دارایی‌ها، شاخص‌های عملکردی مربوط به جنبه‌های گوناگون خدمات نگهداشت رصد می‌شوند (برای مثال، نک: [۲۹]). در حالت آرمانی، سیستم اندازه‌گیری باید جامع باشد و مجزای از تأمین اطلاعات برای کنترل فرایند باشد، همچنین باید بر رفتار افراد تأثیر بگذارد تا تلاش‌های آن‌ها با هدف استراتژیک مدیریت دارایی‌های سازمان همسو باشد. کارت امتیازی متوازن [۱۰] چنین رویکردی را برای اندازه‌گیری در پیش می‌گیرد و مبتنی بر این ایده است که برای بررسی عملکرد کلی سیستم، هیچ معیاری به‌تنهایی کافی نیست. کارت امتیازی متوازن، استراتژی سازمان برای نگهداشت را به معیارهای عملیاتی در ابعاد مختلف تبدیل می‌کند (مانند فرایندهای داخلی، مالی، ایمنی، مشتریان و نیز توسعه سازمانی) که شاخص‌های حیاتی