

مقدمه ای بر مفهوم نگهداری و تعمیرات



دانشگاه تهران - دانشکده مدیریت و حسابداری

تدوین: علیرضا رضوی
این اثر تحت حمایت مادی و معنوی شرکت تولید روی بندرعباس
گردآوری شده است.

سُبْحَانَكَ يَا قُدُّوسُ

خطاط سه گونه خط نوشتار

يکتر او ضواند سه لا غير

يکتر را هم او ضواند سه هم غير او

يکتر نه او ضواند سه غير او

آخ خط سوم منم

فهرست

صفحه		عنوان
۷	.....	دبیاچه
۸	.....	فصل اول: اصول نگهداری و تعمیرات
۹	.....	۱,۱ نگهداری و تعمیرات
۹	.....	۲,۱ تعریف نگهداری
۹	.....	۳,۱ تعریف تعمیرات
۹	.....	۴,۱ اهداف اصلی نگهداری و تعمیرات
۹	.....	۵,۱ فلسفه نگهداری و تعمیرات
۱۰	.....	۶,۱ مدیریت نگهداری و تعمیرات
۱۰	.....	۷,۱ اهداف مدیریت نگهداری و تعمیرات
۱۰	.....	۷,۱,۱ بهره وری
۱۰	.....	۷,۱,۲ اثربخشی
۱۲	.....	۷,۱,۳ کاهش هزینه ها
۱۳	.....	۸,۱ نگرشهای اخیر در حوزه نگهداری و تعمیرات
۱۳	.....	۸,۱,۱ ظهور استراتژیهای عملیاتی
۱۳	.....	۸,۱,۲ بالارفتن انتظارات اجتماعی
۱۴	.....	۸,۱,۳ تغییرات تکنولوژی
۱۴	.....	۸,۱,۴ تغییر در رفتار پرسنل و سازماندهی سیستمها
۱۵	.....	۸,۱,۵ سازمان و ساختار کار
۱۵	.....	۸,۱,۶ فرهنگ نگهداری و تعمیرات و یادگیری
۱۵	.....	۸,۱,۷ مدیریت
۱۶	.....	۸,۱,۸ سیستمهای پشتیبانی
۱۶	.....	۹,۱ نگاهی گذرا به پیشینه و تاریخچه نت
۱۸	.....	فصل دوم: طبقه بندی مباحث نگهداری و تعمیرات
۱۹	.....	۲,۱ طبقه بندی مباحث نگهداری و تعمیرات
۱۹	.....	۲,۱,۱ تاکتیکهای نگهداری و تعمیرات
۲۰	.....	۲,۱,۱,۱ نت بعد از وقوع خرابی دستگاه
۲۱	.....	۲,۱,۱,۲ نت پیشگیرانه
۲۲	.....	ذرات فرسایشی (آنالیز روغن)
۲۲	.....	آنالیز طیف فرکانسی FFT
۲۳	.....	روش حرارت سنجی (ترموگرافی)
۲۵	.....	آنالیز التراسونیک
۲۷	.....	۲,۱,۱,۳ نت اصلاحی

۲۹	.....	۲,۱,۲ چرخه مدیریت نت
۳۰	.....	۲,۱,۲,۱ مراحل چرخه مدیریت نگهداری و تعمیرات
۳۱	.....	۲,۱,۲,۱,۳,۱ میانگین زمان بین دوخرابی MTBF
۳۲	.....	۲,۱,۲,۱,۳,۲ میانگین زمان مصرف شده جهت تعمیر MTTTR
۳۳	.....	۲,۱,۲,۱,۳,۳ شاخص اثربخشی تجهیزات OEE
۳۴	.....	۲,۱,۳ سازمانهای نگهداری و تعمیرات
۳۶	.....	۲,۱,۴ استراتژیهای نت
۳۶	.....	۲,۱,۵ سیاستهای نگهداری و تعمیرات
۳۷	.....	۲,۲ جمع بندی مفهومی
۳۸	.....	۲,۳ مدل ارزیابی متوازن نگهداری و تعمیرات
۴۱	.....	۲,۴ مدل فرآیندی نگهداری و تعمیرات
۴۳	.....	فصل سوم: نگهداری بهره ور فراگیر TPM
۴۴	.....	۳,۱ تاریخچه نگهداری بهره ور فراگیر
۴۴	.....	۳,۲ واشکافی ادبیاتی TPM
۴۵	.....	۳,۳ عناصر تشکیل دهنده TPM
۵۵	.....	۳,۴ ساختار مفهومی TPM
۵۵	.....	۳,۵ چرا TPM
۵۶	.....	۳,۶ اهداف در کلاس جهانی TPM
۵۶	.....	۳,۷ فواید تئوری TPM
۵۷	.....	۳,۸ فواید عملی پیاده سازی TPM
۵۸	.....	۳,۹ مراحل اجرایی TPM در یک سازمان
۵۹	.....	۳,۱۰ مطالعه موردی بکار گیری TPM
۵۹	.....	۳,۱۰,۱ سیستم تولید رنو فرانسه SPR
۶۳	.....	۳,۱۰,۲ سیستم تولید مرسد بنز آلمان MPS
۶۶	.....	فصل چهارم: نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان RCM
۶۷	.....	۴,۱ تاریخچه RCM
۶۷	.....	۴,۲ RCM چیست؟
۶۷	.....	۴,۳ تعریف RCM بر اساس استاندارد
۶۷	.....	۴,۴ فعالیتهای استاندارد در RCM
۶۸	.....	۴,۵ نتایج اجرای درست RCM
۶۸	.....	۴,۶ اهداف RCM
۶۸	.....	۴,۷ ساختار فرآیندی RCM

صفحه	عنوان
۶۹	۴,۸ مزایای RCM
۶۹	۴,۹ معایب RCM
۷۰	۴,۱۰ مقایسه RCM و TPM
۷۲	فصل پنجم: نگهداری و تعمیرات برپایه تجارت
۷۳	۵,۱ تاریخچه نگهداری و تعمیرات برپایه تجارت
۷۳	۵,۲ ارکان BCM
۷۳	۵,۳ اصول BCM
۷۴	۵,۴ سیستم BCM
۷۵	۵,۵ ویژگیهای سیستم مدیریت BCM
۷۶	۵,۶ مثال هایی از اثربخشی BCM
۷۷	۵,۷ سلسله مراتب شاخصهای عملکرد در BCM
۷۸	پیوست یک: لیست برخی استانداردها و اسناد مرتبط با مباحث نت
۸۱	پیوست دو: لیست برخی از کتابها، نرم افزارها و سایتهای مرتبط با نت
۸۶	منابع

رشد و توسعه از مفاهیم و مقوله‌هایی بنیادین و اساسی است. استعمال این دو واژه، معانی متفاوتی را بر ذهن متبادر می‌سازد اما جزء آن دسته از موضوعاتی است که مورد علاقه آحاد اندیشمندان قرار دارد. وقتی حرکت بصورت طولی باشد، رشد حادث می‌شود و اگر عرضی باشد توسعه محقق می‌شود. شرط بقاء هر سازمان وقوع رشد و توسعه است.

رشد و توسعه انتزاعی و محدود، نه تنها موجب تعالی نشده، بلکه عاملی برای شکست خواهد بود. در واقع «عالی شدن» نتیجه یکپارچگی رشد و توسعه در تمام اجزاء یک سازمان، به تناسب است.

تسهیلات و تجهیزات هر واحد تولیدی از این قاعده نه تنها مستثنی نیست، بلکه در جایگاه خود بسیار با اهمیت است. نوع نگرش مدیران عالی هر سازمان به ماشین آلات و زیرساختها تعیین کننده سیاستهای اتخاذ شده در حفظ و نگهداشت و بهره‌وری فرآیند نگهداری و تعمیرات است. بطوریکه نگاه هزینه‌ای به اقدامات برقرار سازی تجهیزات و ماشین آلات مفهوم «تعمیرات و نگهداری» را تقویت میکند و رویکرد سرمایه‌گذاری مفهوم «نگهداری و تعمیرات» را قوت می‌بخشد. چنانچه نتیجه اقدامات حوزه نگهداشت تجهیزات و زیرساختها به دید یک ارزش افزوده انگاشته شود، مفاهیمی همچون «نگهداری و تعمیرات بهره‌ور»^۱ و «نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان»^۲ را توسعه می‌بخشد.

شاید با نگاهی سریع به تاریخچه حرکت‌های انجام شده در حوزه نگهداری و تعمیرات این واقعیت ملموس درک شود که یکی از ارکان اصلی سودآوری سازمان، درست و بموقع کارکردن ماشین آلات و تجهیزات بوده، از این رو شاخه‌های متعددی همچون مدیریت نگهداری و تعمیرات، سیستم نگهداری و تعمیرات، مهندسی نگهداری و تعمیرات و... در عرصه آکادمیک و اجرایی پدید آمده و سرعت قابل ملاحظه‌ای پیدا نموده‌اند.

آنچه در «مقدمه‌ای بر مفهوم نگهداری و تعمیرات» تقدیم می‌گردد از منابع معتبر و استانداردهای جهانی تحت رهنمونهای استاد ارجمند جناب آقای دکتر میثم شهبازی استاد دانشگاه تهران تدوین شده است تا تصویری از حرکت مفهومی در این حوزه را ارائه دهد. این نوشتار شامل ۵ فصل و دو پیوست است. در فصل اول به اصول نگهداری و تعمیرات پرداخته شده، فصل دوم طبقه‌بندی منسجمی از مباحث نگهداری و تعمیرات را تشریح می‌کند، فصل سوم به کلیاتی در مفاهیم نگهداری بهره‌ور و فراگیر (TPM) پرداخته و فصل چهارم اشاراتی به نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان (RCM) دارد. فصل پنجم نگاهی گذار به نگهداری و تعمیرات بر پایه تجارت (BCM) داشته و پیوست یک لیست برخی استانداردها و اسناد مرتبط با بحث نت را معرفی می‌کند و در نهایت پیوست دو شامل لیست برخی از کتابها، نرم افزارها و سایتهای مرتبط با مبحث نگهداری و تعمیرات است. در پایان جا دارد از تمامی اساتید و معلمان خودم که تا این مرحله همواره چراغ راهی برای حرکت به سوی تعالی را برایم فراهم نمودند قدر دانی و تشکر کنم. خصوصاً استاد ارجمند «جناب آقای دکتر مسعود میرکازمی» که طی دوران لیسانس زحمات زیادی را در آموزش مفاهیم نگهداری و تعمیرات متحمل شدند.

که درس عشق، در دفتر نباشد

بشور دفتر اگر هم درس مایی

علیرضا رضوی

۱۳۹۴/۱/۱۵

فصل اول

اصول نگهداری و تعمیرات

۱,۱ نگهداری و تعمیرات

نگهداری و تعمیرات (نت) دو مفهوم بسیار مهم و دو مقوله اساسی هستند که تحقق و عمل به آنها موجب بقا و تداوم خطوط تولید و کاهش هزینه ها خواهد شد. کلیه فعالیت هایی را که برای حفظ و نگهداری شرایط اولیه و استمرار فرآیندهای پیش بینی شده، بر روی دارایی های فیزیکی انجام میشود، نگهداری و تعمیرات می نامند.

۲,۱ تعریف نگهداری

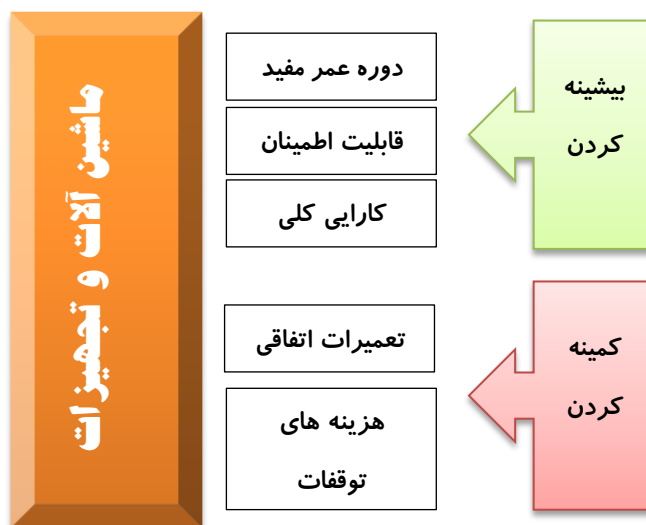
ترکیبی از فعالیت های مشخص برنامه ریزی شده است که برای حفظ یک وسیله یا رساندن آن به شرایط قابل قبول و جلوگیری از خرابی ماشین آلات، تجهیزات و تاسیسات انجام میشود. این اقدامات قابلیت اطمینان، بهره وری، کارایی، ایمنی و در دسترس بودن دستگاه را افزایش می دهد.

۳,۱ تعریف تعمیرات

مجموعه فعالیت هایی که روی سیستم خراب یا از کار افتاده انجام می دهیم تا آن را به حالت آماده و قابل بهره برداری بازگردانیم.

۴,۱ اهداف اصلی نگهداری و تعمیرات

اهداف اصلی نگهداری و تعمیرات که شامل ۵ هدف است را می توان در نمودار ۱-۱ ملاحظه نمود.



نمودار ۱-۱: ساختار اهداف اصلی نگهداری و تعمیرات

۵,۱ فلسفه نگهداری و تعمیرات

طراحی یک سیستم قانون مند برای سازماندهی و اجرای نت است که پایه و اساس مدیریت نت و روش های انجام فعالیتهای تعریف شده توسط سیاست های نت را توصیف می کند. فلسفه نت، اهداف خاص نگهداری و تعمیرات را شامل نمی شود. بلکه روش های دستیابی به این اهداف در ساختار کلی سیستم در بر دارد. فلسفه نت به طور موثر توسط مدیریت نگهداری و تعمیرات ایجاد میشود.

۶,۱ مدیریت نگهداری و تعمیرات

مدیریت، فرآیند است که موجب تحقق اهداف یک سازمان میشود. بنابراین «مدیریت نگهداری و تعمیرات» فعالیتهای مهمی مانند: هدف گذاری، تعیین استراتژی، سازماندهی، برنامه ریزی، استاندارد سازی، کنترل منابع، نظارت بر اجرای برنامه، ایجاد تعهد و انگیزه در کارکنان و را برعهده دارد.

۷,۱ اهداف مدیریت نگهداری و تعمیرات

۷,۱,۱ بهره وری

۷,۱,۲ اثربخشی

۷,۱,۳ کاهش هزینه ها

۷,۱,۱ بهره وری

عمدتا بهره وری به دو شکل زیر قابل تفکیک و تعریف است!

- **بهره وری تکنیکی:** که توسط پرسنل ماهر و با استفاده صحیح از ابزارهای در دست و مناسب، کارهای تعمیراتی را به بهترین شکل انجام می دهند
- **بهره وری سازمانی:** جریان و خطی مشی است که تعیین می کند، کارها توسط چه کسی، چگونه و چه وقت هدایت و انجام شوند. استفاده موثر از منابع در دسترس با بهینه سازی برنامه ریزی، زمان بندی، موجودی ها و فعالیتهای انجام شده، هدف اصلی مدیریت نگهداری و تعمیرات در سطح تاکتیکی است.

۷,۱,۲ اثربخشی

میزان موثر بودن خروجی های سیستم در مقاصد و اهداف تجارت تعریف میشود.

۷,۱,۱,۱ مثال عملیاتی در محاسبه بهره وری

شرکت تولید روی بندر عباس در بودجه سال ۱۳۹۳ خود مبلغ ۲,۵ میلیارد تومان بابت نگهداری و تعمیرات مصوب نموده که می بایست هدف حداکثر توقفات ناشی از کارکرد ماشین آلات و تجهیزات را به ۷۲۰ ساعت محقق نماید. در همین سال بودجه جذب شده ۱,۷ میلیارد تومان بوده که منجر به ۶۰۰ ساعت توقف شده . با این اوصاف بهره وری مطابق فرمول ۱-۲ (فرمول بهره وری) محاسبه می گردد.

کارآئی U اثربخشی = بهره وری (فرمول ۱-۲)

فرمول بهره وری یعنی: اجتماع اثربخشی و کارآئی یا کارآئی اثر بخشی یا اثربخشی کارآئی

محاسبه کارآئی و اثربخشی مثال عملیاتی در جدول ۱-۳ آورده شده است.

جدول ۳-۱: محاسبه مقادیر کارآئی و اثربخشی

کارآئی	خروجی	ورودی	آیتم
$\frac{720}{2.5} = 288$	۷۲۰	۲,۵	برنامه
$\frac{600}{1.7} = 352.9$	۶۰۰	۱,۷	عملکرد
	$\frac{600}{720} = 0.83$	$\frac{1.7}{2.5} = 0.68$	اثربخشی

کارآئی برنامه ۲۸۸ و کارآئی عملکرد ۳۲۵,۹

اثر بخشی جذب منابع (ورودی) ۰,۶۸ و اثر بخشی تحقق هدف (خروجی) ۰,۸۳

$$\text{بهره وری} = \text{کارآئی (اثربخشی)} = \frac{\text{کارآئی عملکرد}}{\text{کارآئی برنامه}} = \frac{352.9}{288} = 1.22$$

$$\text{بهره وری} = \text{کارآئی (اثربخشی)} = \frac{\text{اثربخشی خروجی}}{\text{اثربخشی ورودی}} = \frac{0.83}{0.68} = 1.22$$

از بهره وری مهمتر استمرار بهره وری است

برای برخورداری از استمرار بهره وری باید «عدد محاسبه شده بهره وری» قابلیت مقایسه داشته باشد.

روش مقایسه:

- مقایسه با گذشته
- مقایسه با برنامه یا استاندارد (در صورت وجود)
- مقایسه با دیگران
- اگر با «پاینتر» از خودمان مقایسه کنیم نتیجه بسیار رضایت بخش و خوب است.
- اگر با «متوسطین» مقایسه کنیم ممکنه نتیجه خوب یا قابل قبول یا کمی ناامید کننده باشد اما لزوماً یک محرک برانگیزاننده نخواهد بود.
- اگر با «بهترینها و پیشرفته ها» مقایسه شود می توان یک عامل برانگیزاننده داشت مشروط براینکه عنصر خلاقیت و نوآوری به کار گرفته شود نه رویکرد تخریبی و مایوس کننده.

اثر بخشی هزینه های نت، میزان سودمندی اقتصادی سیاستهای نت اتخاذ شده در یک مسیر طولانی است که سیاست های به کار رفته باید اهداف کلی سازمان را به خوبی پوشش دهد.

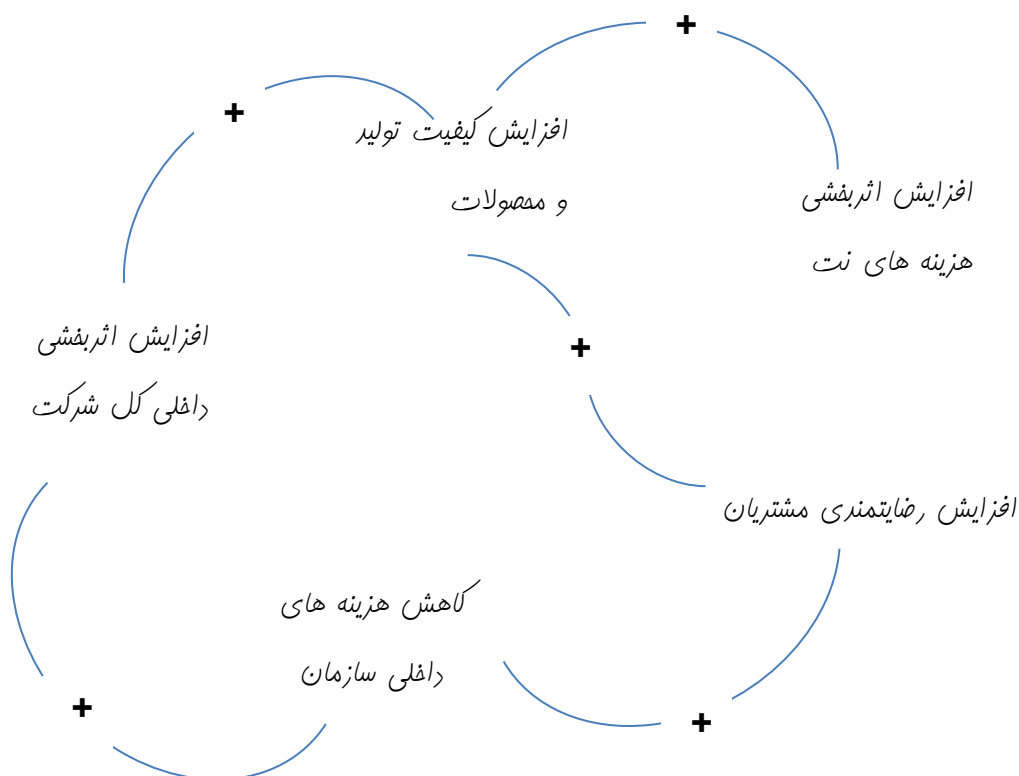
برای مثال یکی از اهداف نت، ترویج ایمنی در سازمان است که منجر به بهبودهای هزینه های کلی سازمان میشود. کسب اثر بخشی هزینه در بخش نگهداری و تعمیرات به طور مستقیم بر سایر بخشها تاثیر می گذارد به عنوان مثال کیفیت تولید و محصولات، اثر بخشی داخلی کل شرکت را بالا می برد به طور متقابل هزینه های داخلی کاهش یافته و رضایت مشتری افزایش می یابد.

در طول دهه اخیر، هزینه نگهداری و تعمیرات در دوره های معین به عنوان بخشی از هزینه های کل سازمان افزایش یافته است. در برخی صنایع، این هزینه بخش اعظمی از هزینه های کل را تشکیل می دهد. واکنش های نگهداری و تعمیرات، به عوامل زیادی مانند نرخ خرابی مولفه های کارخانه، هزینه های از کار افتادگی ماشین آلات و عمر پیش بینی شده آیتم های بحرانی تجهیزات، وابسته است.

همچنین استراتژی نگهداری و تعمیرات به سمت بهبود کیفیت، کاهش هزینه، انعطاف پذیری تحویل و رضایتمندی مشتری سوق دارد.

در حال حاضر نگهداری و تعمیرات به عنوان فعالیتی سود محور که در حین رخ دادن یک فعالیت آن را کنترل می کند، مورد توجه است که هدف آن کم کردن اختلاف میان هزینه واقعی و هزینه پیش بینی شده خواهد بود، به عبارت دیگر هدف آن کاهش پیش بینی های بی اعتبار و نادرست است.

اثرات اثر بخشی هزینه های نت مطابق نمودار ۱-۴ قابل ملاحظه است.



نمودار ۱-۴: اثر دینامیکی افزایش اثر بخشی هزینه های نت

۸,۱ نگرشهای اخیر در حوزه نگهداری و تعمیرات

- ۸,۱,۱ ظهور استراتژیهای عملیاتی
- ۸,۱,۲ بالا رفتن انتظارات اجتماعی
- ۸,۱,۳ تغییرات تکنولوژی
- ۸,۱,۴ تغییر در رفتار پرسنل و سازماندهی سیستمها
- ۸,۱,۵ سازمان و ساختار کار
- ۸,۱,۶ فرهنگ نگهداری و تعمیرات و یادگیری
- ۸,۱,۷ مدیریت
- ۸,۱,۸ سیستمهای پشتیبانی

۸,۱,۱ ظهور استراتژیهای عملیاتی

سازمانها به طور فزاینده ای در حال تغییر رویکرد به سمت اتکاء به سازندگی^۲، تولید بهنگام^۴، و برنامه های شش سیگما^۵ هستند. این رویدادها اهمیت موارد زیر را نشان داده اند:

- تغییر کانون توجه مدیران به پاسخ سریع به نیاز مشتری به جای حداکثر کردن ظرفیت خروجی،
- حذف ضایعات،
- جلوگیری از کاستی ها و نواقص،
- دستیابی به کیفیت بالاتر.

تقاضای فزاینده بنگاه های اقتصادی، از کار افتادگی ماشین آلات، کاهش سرعت و بازدهی نامنظم پروژه، مشکلاتی را در عرضه به موقع کالاها یا خدمات به مشتریان ایجاد می کند.

ترجمان عملیاتی موارد فوق الذکر در نت یعنی!

- استقرار امکانات و تجهیزات مناسب
- بهینه سازی زمان بندی نگهداری و تعمیرات
- استقرار مناسب نیروی انسانی ماهر

۸,۱,۲ بالارفتن انتظارات اجتماعی

هرروز بیشتر به این باور می رسیم که علاوه بر «تضمین سلامت» و «ایمنی» افراد، «حفظ محیط زیست» نیز لازم است.

- ضایعات،
- نقص ها و کمبودها،
- مصرف بیهوده مواد و انرژی

^۲ Lean Manufacturing

^۴ Just in time

^۵ Six Sigma

به عنوان منابع آلودگی شناسایی شده اند. با این حال

- خرابی های کارخانه،
- حوادث صنعتی،
- به خطر افتادن سلامتی

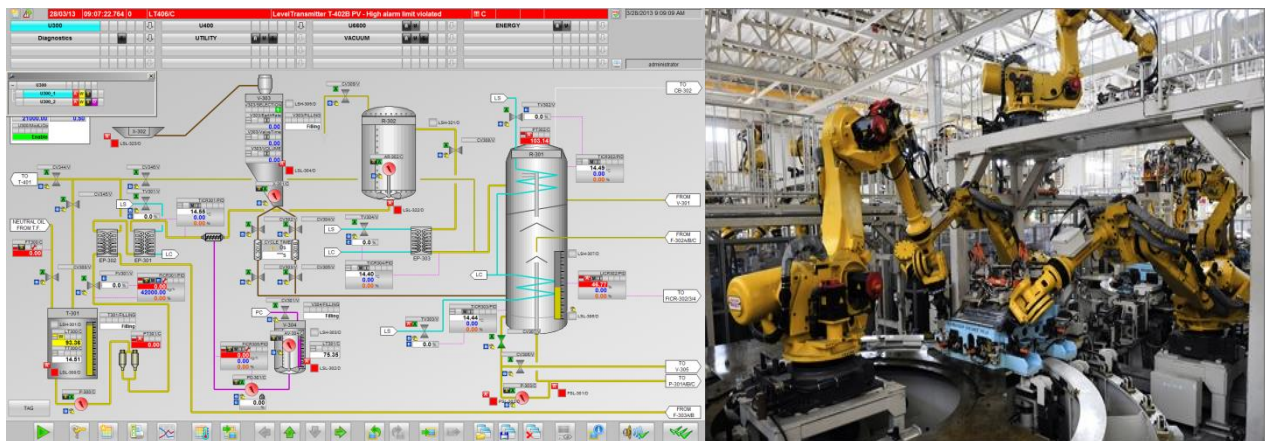
نیز مشکلات بسیار رایج و خطرناکی هستند.

بهینه سازی عملیات نگهداری از تاسیسات و جلوگیری از بروز خرابی ها، ابزاری است که با در نظر گرفتن کاهش آلودگی های تشعشعاتی و جلوگیری از تصادفات تا اندازه ای چالش های انتظارات اجتماعی، را رفع خواهد کرد.

۸,۱,۳ تغییرات تکنولوژی

تکنولوژی، محرک اصلی تغییرات است.

امروزه با پیشرفت فن آوری، فعالیتهای نگهداری و تعمیرات نیز دستخوش تغییر و تحول اساسی شده است بطوریکه بکارگیری تکنولوژیهای ارتقاء یافته تولید مانند رباتها و یا سیستمهای کنترل فرآیند مانند WINCC سطح دانش، مهارت و توانمندی نوین را در حوزه نگهداری و تعمیرات می طلبد. شکل ۱-۵ نمونه ای از تغییرات تکنولوژی را نشان می دهد.



شکل ۱-۵: نمونه هایی از تغییرات تکنولوژیکی (سمت راست رباتهای صنعتی، سمت چپ پنل WINCC)

۸,۱,۴ تغییر در رفتار پرسنل و سازماندهی سیستم ها

اکثر کارکنان خواهان افزایش مطلوبیت در کارشان هستند.

سازمانهای پیشرو، ساختارهای مدیریتی با سلسله مراتب کمتر، سیستمهای خودکنترلی، سازمان های مجازی و اتحادیه های استراتژیک را معرفی کردند. برخی از این موارد می توانند جهت رفع مشکلات تامین خدمات نگهداری و تعمیرات بهبود یافته در هر سازمان مناسب باشد.

اصولاً تصمیمات استراتژیکی که با رعایت احترام به طرح سازمانی و ساختار فعالیتهای نگهداری و تعمیرات، گرفته میشوند نکات زیر را در بر دارند:

- هدف کارخانه،
- موقعیت نیرو کار،
- ترکیب و انعطاف پذیری نیروی کار

یکسان شدن تصمیمات نیازمند در نظر گرفتن مشخصات زیر است.

- حجم کار
- موقعیت کارخانه
- هزینه عدم دسترسی
- مهارت و آگاهی لازم
- سیاست تولید
- و منابع انسانی

ساختار سلسله مراتبی مدیریت در سازمان های قدیمی به صورت محدود و وظیفه است. امروزه مباحث هم افزایی و کار تیمی براساس تشکیل تیمهای چند تخصصی^۶ بصورت اثبات شده ای قابل طرح است. برپاسازی تیمهای کاری خود مدیریتی و خود کنترل خصوصا در حوزه نگهداری و تعمیرات که براساس فصول مشترک سازمانی شکل گرفته و بکار گماری میشوند، اثربخشی سازمانی را به نحوه چشمگیری افزایش می دهد.

۸,۱,۶ فرهنگ نگهداری و تعمیرات و یادگیری

وقتی صحبت از فرهنگ پیش می آید، ذاتا مفاهیم عقاید، ارزش ها و دانش را به دنبال دارد. همواره مدیران ارشد و بنیان گذاران بعنوان بازیگران اصلی و کلیدی فرهنگ هر سازمان نقش به سزایی را ایفا می کنند. توسعه و تعمیق بخشی به نگرش و باور حفظ و نگهداشت از تجهیزات و ماشین آلات بعنوان یک اصل ارزشی در سازمان مبنایی اساسی در ایجاد و برپاسازی فرهنگ نگهداری و تعمیرات دارد. در یک کلام فرهنگ نگهداری و تعمیرات زمانی قابلیت بروز و ظهور پیدا می کند که شاخصهایی همچون خلاقیت و نو آوری را در نگهداری و تعمیرات بتوان اندازه گیری کرد. زیربنای خلاقیت و نوآوری، یادگیری است، یادگیری عبارتست از تغییر نسبتاً پایدار در احساس، تفکر و رفتار فرد که بر اساس تجربه ایجاد شده باشد.

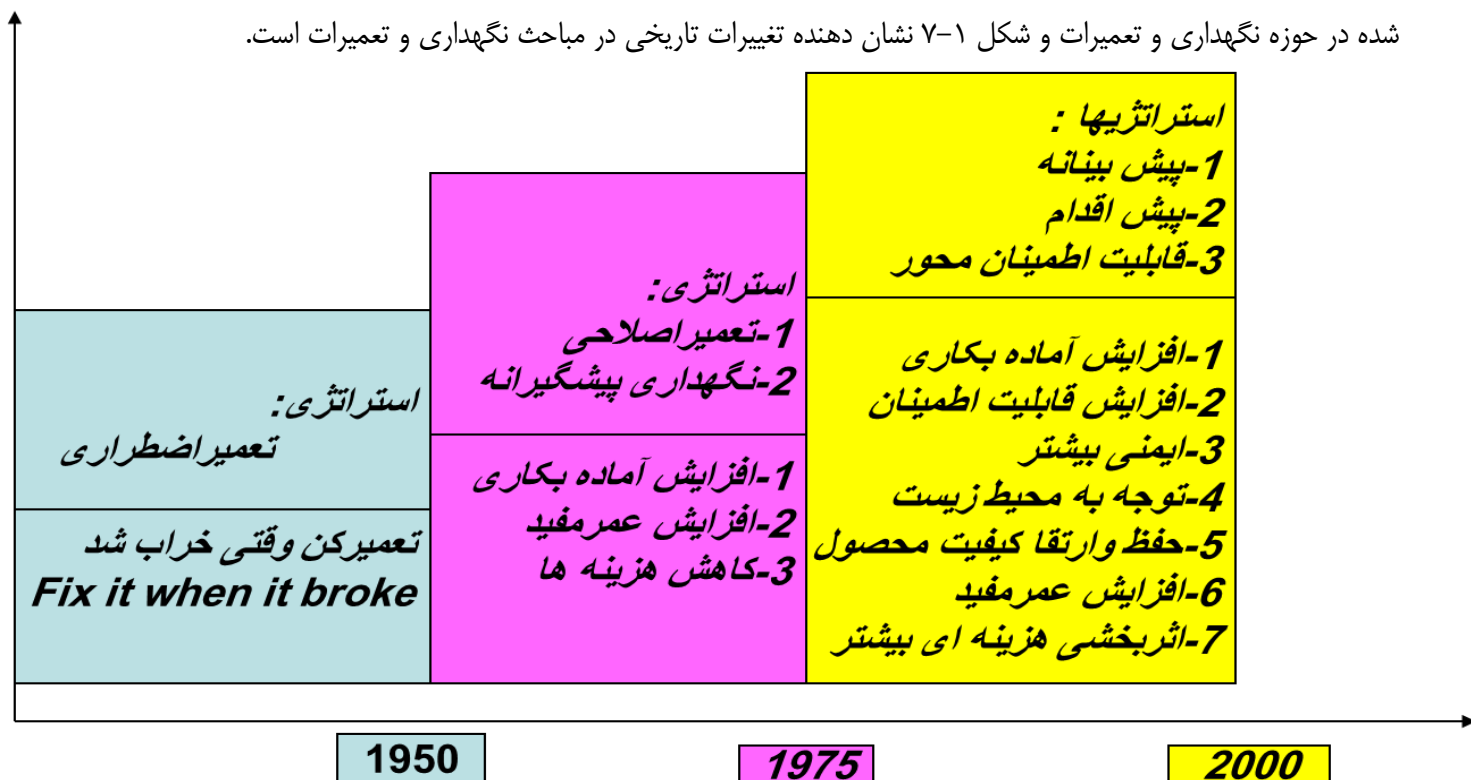
۸,۱,۷ مدیریت

در تجارت های امروزی، دستیابی به موفقیت معمولا به قابلیت تغییر و تطبیق سریع وابسته است. امروزه طراحی سازمانها براساس روشها و فلسفه های ذهنی نوینی همچون مدیریت کیفیت جامع^۷، TPM، JIT و بعنوان شرط لازم ماندن در کلاس جهانی است. چراکه تمامی این رویه ها متمرکز بر رضایتمندی مشتریان در درجه اول و کسب حداکثر مطلوبیت طرفهای ذینفع و شرکای تجاری سازمانها است.

راهبردهای استراتژیک مانند معرفی چند مهارتی بودن، انعطاف پذیری تجارت درونی، نگهداری و تعمیرات اعتماد محور^۸، نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر^۹، همچنین طراحی مجدد ساختارها و فرآیندها کار، برای دریافت سودهای مورد انتظار معمولاً با شکست مواجه می شوند زیرا رفتار مناسب مدیریت و سیستمهای پشتیبانی^{۱۰} (شامل اطلاعات در دسترس و آموزش، مدیریت عملکرد و سیستمهای تشویق و تنبیه) که باید با به کارگیری این راهبردها در کنار یکدیگر قرار گیرند در هنگام اجرای این برنامه ها در جای خود نبوده اند. پیشرفت موثر تکنولوژی اطلاعات در حمایت از عملکرد نگهداری و تعمیرات به طور افزایشی یک نتیجه مهم و حیاتی است.

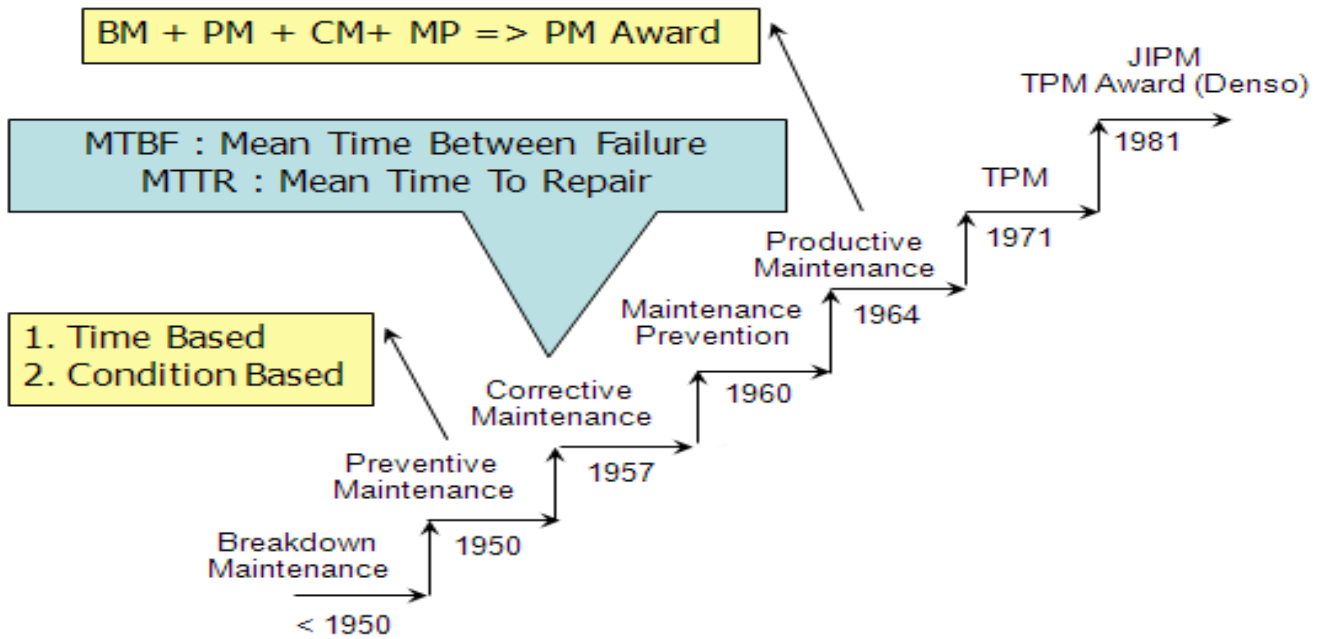
۹,۱ نگاهی گذرا به پیشینه و تاریخچه نت

عمدتاً می توان نگهداری و تعمیرات را به سه دوره تقسیم نمود. نمودار ۱-۶ نشان دهنده انتظارات و استراتژیهای بکار گرفته شده در حوزه نگهداری و تعمیرات و شکل ۱-۷ نشان دهنده تغییرات تاریخی در مباحث نگهداری و تعمیرات است.



نمودار ۱-۶: انتظارات و استراتژیهای نت طی سه دوره تغییر اساسی

History of Maintenance

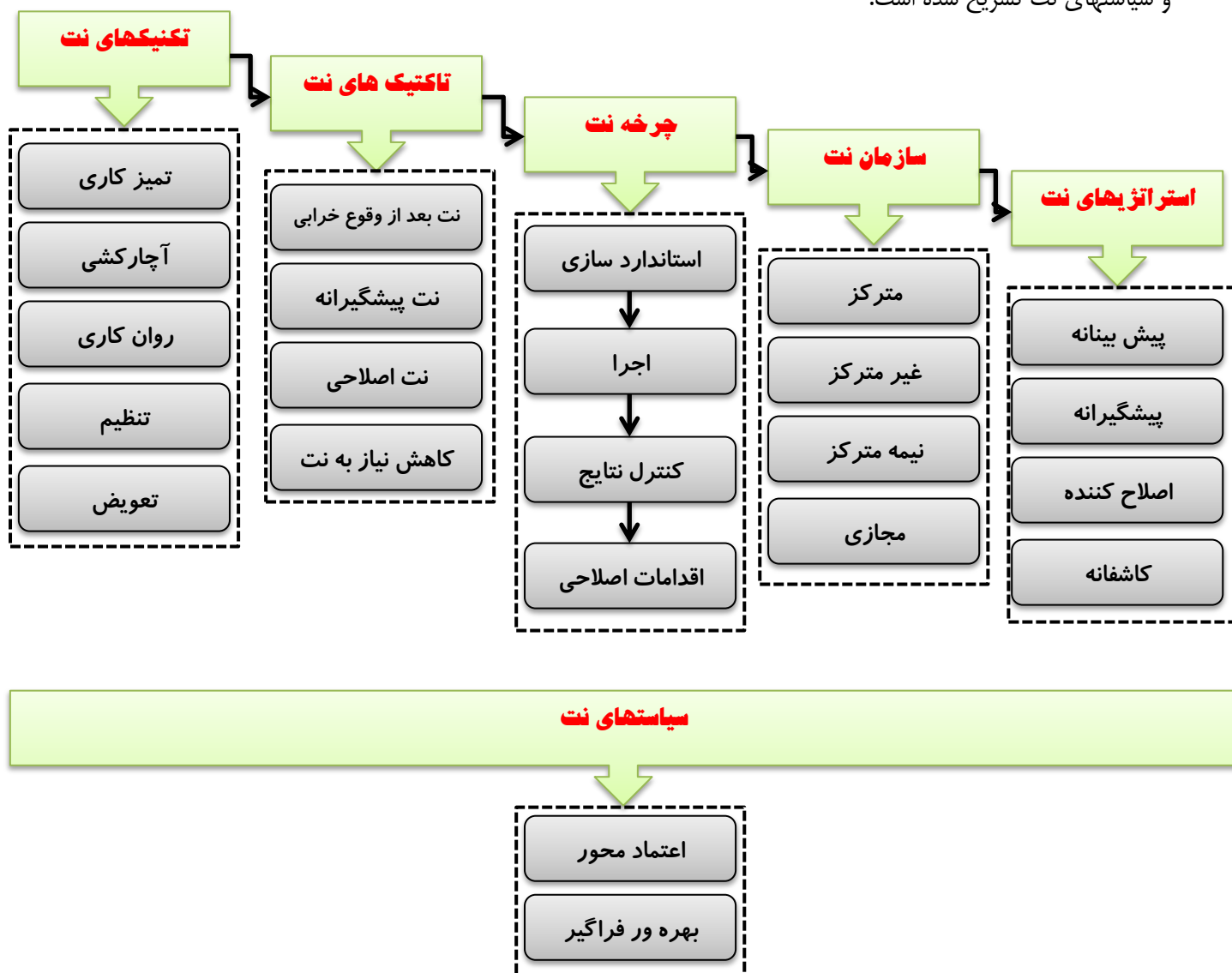


نمودار ۱-۷: تغییر روند تاریخی نگهداری و تعمیرات

فصل دوم

طبقه بندی مباحث نگهداری و تعمیرات

مباحث نگهداری و تعمیرات بطور خلاصه طی نمودار ۱-۲ شامل تکنیک ها، تاکتیکها، چرخه نت، سازمان نت، استراتژیهای نت و سیاستهای نت تشریح شده است.



نمودار ۱-۲: نمودار طبقه بندی مباحث نگهداری و تعمیرات

۲,۱,۱ تاکتیک های نگهداری و تعمیرات

تکنیک ها یا همان فعالیت های نگهداری و تعمیرات به روش های مختلفی انجام می شوند. بطور مثال جهت رسوب زدایی رادیاتور ترانس برق به سه روش می توان عمل نمود.

- ① پس از وقوع خرابی آن را تمیز کنیم،
 - ② به صورت دوره ای، مثلاً هر شش ماه یکبار، رسوب زدایی کنیم،
 - ③ با استفاده از دستگاه فشار سنج، اختلاف فشار سیال در دو سمت ورودی و خروجی را اندازه گیری کرده، در صورت مشاهده اختلاف غیر استاندارد، تمیزکاری رادیاتور را انجام دهیم.
- روشهایی که بر اساس آنها تکنیک های نت برنامه ریزی و اجرا میشوند، تاکتیک های نگهداری و تعمیرات هستند که شامل:

- نت بعد از وقوع خرابی دستگاه ها (Breakdown Maintenance) BM

- نت پیشگیرانه (Preventive Maintenance) PM
- نت دوره ای (Periodic Maintenance) PM
- نت بر اساس میزان کارکرد (Time Based Maintenance) TBM
- نت پیش گوینه (Predictive Maintenance) PM
- نت اصلاحی (Corrective Maintenance or Maintainability Improvement) CM
- کاهش نیاز به نت (Maintenance Prevention) MP

۱,۱,۱,۱ نت بعد از وقوع خرابی دستگاه

در این روش پس از وقوع یک خرابی و یا مشاهده نشانه هایی از عملکرد نامناسب دستگاه انجام فعالیت نت مناسب آغاز میشود و این به معنی تعمیر دستگاه ها پس از خراب شدن و کاهش راندمان آنهاست. این تاکتیک شامل اصطلاحات زیر نیز میشود.

- نت بعد از وقوع خرابی^{۱۱}،
- نت اضطراری^{۱۲}،
- نت واکنشی^{۱۳}،
- کارتا وقوع خرابی^{۱۴}

این روش برای آن دسته از خرابی ها که وقوع آنها بر

- وضعیت ایمنی تاثیر نداشته باشد
- تولید متوقف نشود
- ضایعاتی بوجود نیاید
- هزینه تعمیر پایین باشد
- قطعات یدکی به میزان کافی در دسترس باشد
- مورد استفاده قرار می گیرد.

در این تاکتیک دو نوع تعمیرات مشاهده میشود:

- ① تعمیرات برنامه ریزی شده^{۱۵}: وقتی که هزینه تعمیر دستگاه پس از خرابی اقتصادی تر از پیشگیری آن باشد.
- ② تعمیرات برنامه ریزی نشده^{۱۶}: بهتر است از وقوع آنها جلوگیری کرد چون

- تحقق برنامه تولید را به خطر انداخته
- کارها در هراس و اضطراب انجام می شود.
- در نتیجه توقف تولید،
- بروز ضایعات،
- افزایش هزینه،

^{۱۱} Breakdown Maintenance

^{۱۲} Emergency Maintenance

^{۱۳} Reactive Maintenance

^{۱۴} Run To Failure

^{۱۵} Planned Repairs

^{۱۶} Unplanned Repair

- طولانی شدن زمان تعمیر،
- تولید نشدن به موقع محصولات،
- انبارش وسیع قطعات یدکی
- و افزایش تعداد خرابی ها را در پی خواهد داشت.

۲،۱،۱،۲ نت پیشگیرانه

لازمه داشتن تولید روان، جلوگیری از خرابی دستگاه است. برای جلوگیری از خرابی باید دستگاه و ابزار مناسب نصب کرده و از آن به طور صحیح نگهداری کرد که لازمه آن نت پیشگیرانه^{۱۷} است. این یک نت منظم مانند فعالیت های عادی روزانه نظیر نظافت، بازرسی های دوره ای و بازرسی های کلی و اساسی، روغن کاری و محکم کردن اتصالات است که منجر به حفظ سلامت دستگاه ها و عادی نگه داشتن شرایط میشود. به این ترتیب خرابی ها و ایرادها، شناسایی شده و با عملیات تعمیراتی که جهت حفظ، کنترل یا تغییر شرایط روی ماشین انجام میشوند.

در سال ۱۹۵۱ که سال پدید آمدن این روش بود به مدیریت سلامت^{۱۸} ماشین خوانده میشود. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خود به سه دسته تقسیم می شود:

① نت دوره ای یا نت منظم و پرئودیک^{۱۹}: براساس بازرسی های منظم و مشاهدات بعمل آمده، با سرویس دهی سریع از وقوع خرابی هایی که قابل پیش بینی نیست جلوگیری می کنند. نام دیگر آن نگهداری و تعمیرات براساس زمان^{۲۰} TBM می باشد. اجرای برنامه نت دوره ای در کنار همه مزایای آن، معایبی نیز دارد که مهم ترین آنها:

- استهلاک اتصالات به دلیل باز و بسته شدن زیاد،
- احتمال بروز خطای انسانی در هنگام انجام کار،
- بروز احتمال خرابی در مدت زمان بین دوبار اجرای نت.

② نت براساس میزان کارکرد^{۲۱} UBM: در این روش فعالیتهای نت براساس میزان کارکرد ماشین آلات اجرا میشود و مزایا، معایب و کاربرد روش نت بر اساس آمار کارکرد مشابه روش نت دوره ای است. مثالهایی از این روش برنامه ریزی عبارتند از:

- سرویس قالبها بر اساس تعداد ضرب یا تعداد دفعات تزریق
- تعویض فیلتر روغن، هوا و روغن در خودرو براساس کیلومتر کارکرد

③ نت پیشگویانه^{۲۲} CBM: این نت شامل عیب یابی تجهیزات با استفاده از دستگاه های پیش بینی و پیشگویی خرابی هاست که در شکل ۲-۲ بصورت خلاصه شامل ارتعاش، صدا، حرارت و ذرات فرسایشی نشان داده شده است.

Preventive Maintenance	۱۷
Health Management	۱۸
Periodic Maintenance	۱۹
Time Based Maintenance	۲۰
Usage Based Maintenance	۲۱
Condition Based Maintenance	۲۲



شکل ۲-۲: روشهای نت پیشگویانه

ذرات فرسایشی (آنالیز روغن)

کنترل آلودگی روغن، پایش وضعیت کیفی روغن و ارزیابی ذرات فرسایشی و کنترل وضعیت داخل ماشین بدینوسیله، از اهداف اجرای CM روغن به شمار می روند.

دسته بندی که می توان با آنالیز روغن به عیوب ماشین پی برد مطابق جدول ۲-۳ می باشد. جدول ۲-۳: گروه بندی و تستهای مرتبط با ذرات فرسایشی

عنوان گروه	شرح تستها
آنالیز ذرات فرسایشی	فروگرافی تحلیلی، اسپکتروسکوپی، تعیین شاخصهایی همچون PLP، WPC، TD PQ، IS، PQ
آنالیز عنصری یا اسپکتروسکوپی (Elemental Analysis)	تعیین وضعیت مواد افزودنی، ذرات فرسایشی و آلودگی های موجود در روغن
خواص فیزیکی و شیمیایی روغن	رنگ، بو، ویسکوزیته، Flash Point، Pour Point، عدد اسیدیته، عدد بازی، چگالی، خاصیت هوازدایی، RBOT، قابلیت جداسازی آب، Rust test
آنالیز گازهای موجود در روغن (گاز کروماتوگرافی)	در روغن ترانس C_2H_4 ، C_3H_6 تعیین مقادیر گازهای هیدروژن،
تعیین میزان آلودگی روغن	شمارش تعداد ذرات موجود در روغن، مقدار آب و....

آنالیز طیف فرکانسی (آنالیز FFT یا Spectrum) برای مراقبت وضعیت و عیب یابی



شکل ۲-۴: دستگاه اسپکترم

این تکنیک بدون شک یکی از مهم ترین تکنیکهای رایج تحلیل سیگنال ارتعاشی است که کاربرد شایانی در پایش وضعیت و تشخیص عیوب ماشینهای دوار دارد. پس از یکسری پردازشهای اولیه بر روی سیگنال ارتعاشات، برای به دست آوردن منحنی طیف فرکانسی از الگوریتم FFT یا تبدیل فوریه سریع استفاده می گردد. لذا به منحنی فرکانسی گاهی اوقات منحنی FFT نیز گفته می شود. به طور کلی عیوب مختلف، منجر به ایجاد طیفهای فرکانسی خاص خود می شوند.

روش حرارت سنجی (ترموگرافی)


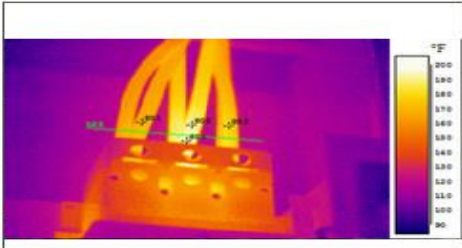
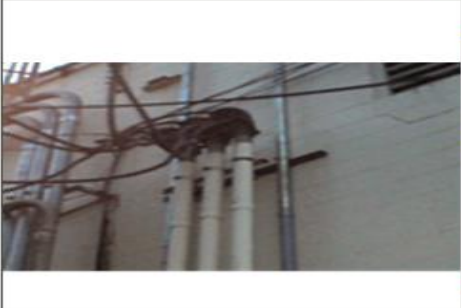
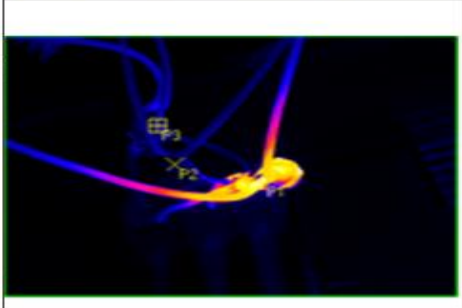
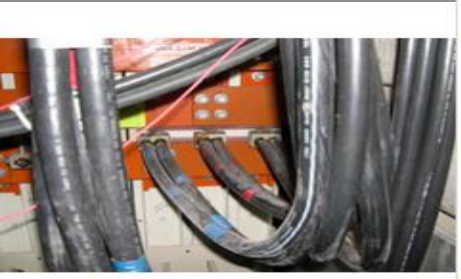
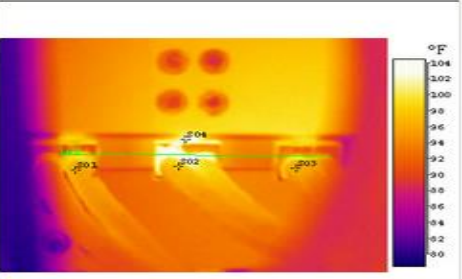
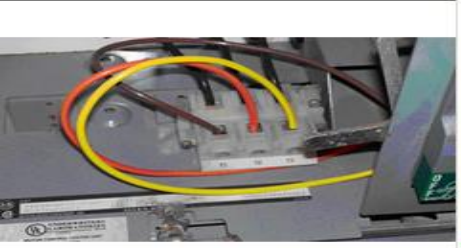
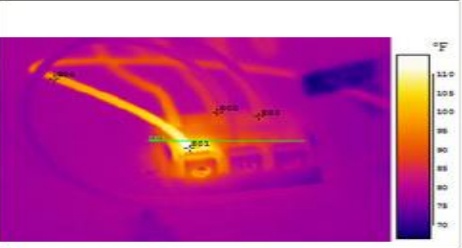

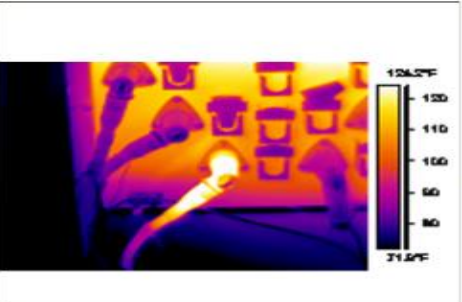

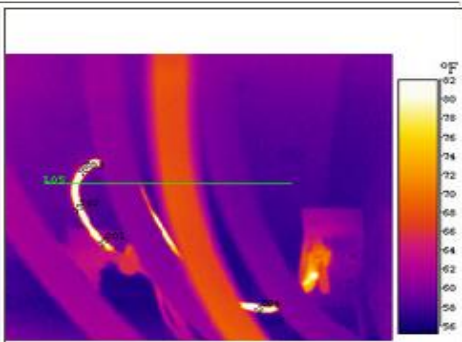
ترموگرافی (Thermography) یا گرمانگاری یا ترموویژن یا تصویری برداری حرارتی یکی از روشهای نوین بازرسی غیر مخرب (NDT) می باشد. دوربین های ترموگراف (شکل ۲-۵) با آنالیز عکس و یا فیلم های گرفته شده توسط نور مادون قرمز، دمای سطوح را اندازه گیری می کنند.

عکس و یا فیلم های حرارتی به صورت رنگی و یا سیاه و سفید هستند که در آنها رنگ سفید نمایانگر گرمای بیشتر و رنگ سیاه نمایانگر گرمای کمتر است. ترموگرافی کاربردهای بسیاری در زمینه های بازرسی ساختمان، بازرسی صنعتی، D & R، QC، نگهداری و تعمیرات PM، کاربردهای نظامی، پزشکی، آتش نشانی و کنترل برخی از فرایندها دارد. نمونه های صنعتی در شکل ۲-۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵: نمونه یک دوربین ترموگراف

تصویر معمولی	تصویر حرارتی	شرح
		تصویر اول: اتصال معیوب در یک پانل الکتریکی
		تصویر دوم: وجود اشکال در بخش فیوزهای یک تابلو

		<p>تصویر سوم: اتصال معیوب مربوط به یک بریکر</p>
		<p>تصویر چهارم: وجود هات اسپات در قسمت تاسیسات برق یک ساختمان</p>
		<p>تصویر پنجم: اتصال معیوب باس بار</p>
		<p>تصویر ششم: اتصال معیوب در مدار کنترل یک تابلو</p>
		<p>تصویر هفتم: وجود هات اسپات در یکی از اتصالات ترانس</p>
		<p>تصویر هشتم: اشکال از ناحیه نقطه صفر یک ترانس</p>

شکل ۲-۶: نمونه هایی از ترموگرافی در صنعت

آنالیز آلتراسونیک و کاربردهای آن در مراقبت وضعیت

منظور از آنالیز Acoustic Emission در مباحث مانیتورینگ و عیب یابی تجهیزات، شنیدن و تحلیل امواج صوتی و فراصوتی منتشر شده توسط تجهیزات در حین کار است. البته در برخی دستگاه هایی که برای این کار در بازار موجود است، امکاناتی برای مطالعه منحنی روند تغییرات شدت صوت (عموماً بر حسب دسیبل) در بازه های زمانی پایش و یا حتی ذخیره و مطالعه شکل موج و طیف فرکانسی سیگنال صدا و فراصوت، تعبیه شده است. (شکل ۲-۷)

با توجه به رنج فرکانسی تحلیل، آنالیز Acoustic Emission در موضوع مراقبت وضعیت را به دو بخش آنالیز آلتراسونیک (فرکانسهای بالاتر از ۲۰ کیلوهرتز) و آنالیز صدا (فرکانسهای کمتر از ۲۰ کیلوهرتز) تقسیم می کنیم که البته با توجه به عیوب مورد نظر و در برخی موارد، ریشه های مشترک دارند. این نامگذاری با توجه به حد بالای فرکانس صوتی قابل تشخیص توسط انسان یعنی ۲۰ کیلوهرتز صورت پذیرفته است.



شکل ۲-۷: نمونه ای از دستگاه آلتراسونیک صنعتی

برخی از عیوبی که از طریق تحلیل امواج آلتراسونیک قابل شناسایی هستند، طبق جدول ۲-۸ عبارتند از:

جدول ۲-۸: کاربرد تحلیل امواج صوتی در برخی تجهیزات

نوع تجهیز	نوع ایراد قابل شناسایی
در تجهیزات دوار	خرابی بیرینگهای غلتشی، برخورد، (Rubbing)، خرابی چرخ دنده ها و . .
در تجهیزات الکتریکی	انواع نشتی های جریان (آرک، کورونا، ترکینگ)
در تجهیزات فرآیندی	نشتی داخلی ولوها (پسینگ)، خرابی تله های بخار، نشتی از خطوط و مخازن هوای فشرده، نشتی از مخازن تحت فشار و یا به مخازن تحت خلأ، . . .



شکل ۲-۷: نمونه های از کاربرد دستگاه صدا سنجی در صنعت

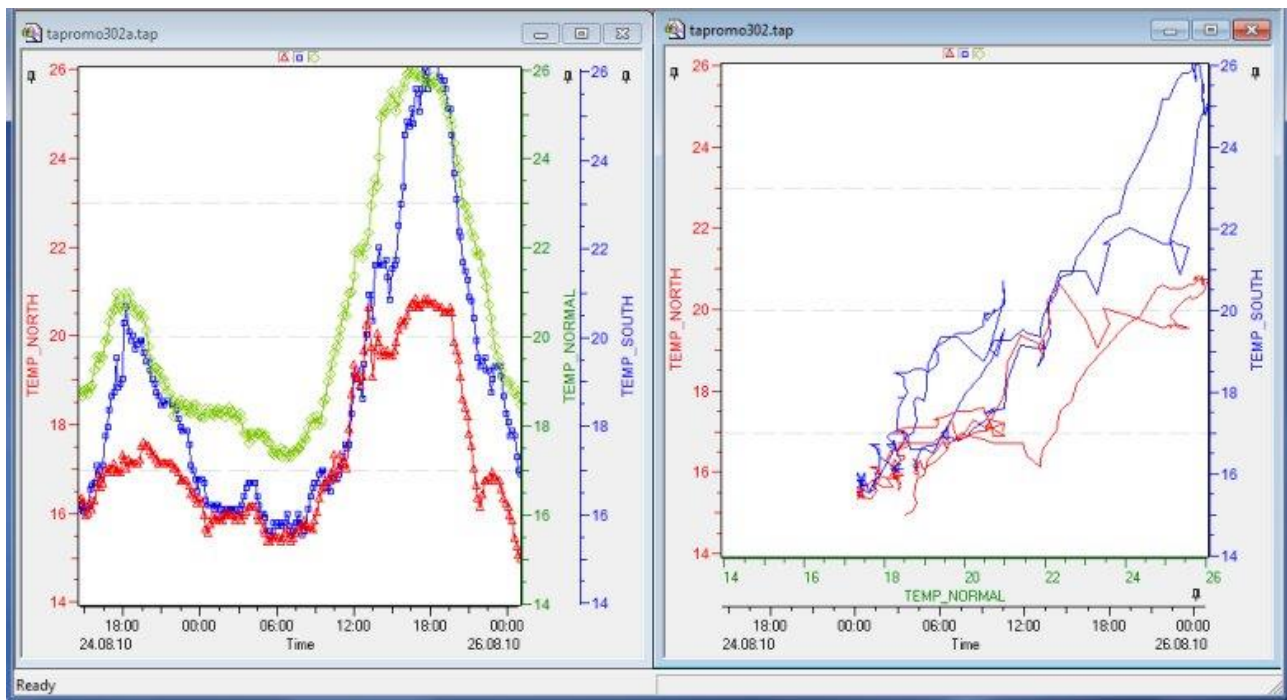
نحوه اندازه گیری و ارزیابی وضعیت در برنامه نگهداری و تعمیرات براساس شرایط کارکرد به سه دسته تقسیم می شود:

① بازرسی توسط انسان و به کمک حواس انسانی^{۲۳}. به کمک حواس لامسه، بینایی و شنوایی برخی از خرابی ها و وضعیت کارکرد نامناسب تجهیزات، ردیابی می شود. اجرای این روش به ظاهر هزینه چندانی نداشته اما در بسیاری موارد ردیابی اشکالات زمانی صورت می گیرد که فاصله زمانی اندکی تا وقوع خرابی نمانده است. این روش براساس میزان مهارت فرد بازرسی کننده، تجهیز نتایج متفاوتی را به دنبال خواهد داشت.

② بازرسی توسط انسان و به کمک ابزار^{۲۴}. در این روش فرد با استفاده از ابزاری همچون ارتعاش سنج و حرارت سنج قابل حمل، پای ماشین رفته و نسبت به اندازه گیری مقادیر کارکرد ماشین اقدام می کند. پس از اندازه گیری، نتایج به دست آمده با وضعیت مجاز مقایسه شده، در صورت عبور از حد مورد قبول، به آنالیز وضعیت، تعیین اقدامات اصلاحی و انجام آنها اقدام می کند.

③ اندازه گیری برخط^{۲۵}: در این روش به کمک انواع سنسورهای ارتعاشی و حرارتی، وضعیت کارکرد اجزاء به صورت پیوسته کنترل می شود و در صورت عبور از مقدار مجاز و یا نا مناسب بودن روند مقادیر اندازه گیری شده، به انجام فعالیتهای مناسب نت مناسب اقدام می کنند.

نکته حائز اهمیت در اینجا، کالیبره کردن سنسورها ی مورد استفاده است تا نتایج به دست آمده در اندازه گیری ها از اطمینان لازم برخوردار باشد. شکل ۲-۹ برخی از گرافهای آنالیز را نشان می دهد.



شکل ۲-۹: نمودار دمایی کوره ذوب بصورت آنلاین

۲،۱،۳ نت اصلاحی

اقدامات و اصلاحات برای افزایش کارایی دستگاه ها و کاهش تعمیرات پیشگیرانه است به نحوی که مانع از خراب شدن دستگاه ها، راحت تر شدن بازرسی ها و تضمین ایمنی می شود. در این روش بعد از به وجود آمدن علائمی از عیب که منجر به توقف تجهیز نشده است، برنامه ریزی خاصی صورت می گیرد تا در زمان مناسب، تجهیز رفع عیب شده و به حالت اولیه خود باز گردد. در واقع، افرادی که از ماشین استفاده می کنند به ثبت و بازرسی های روزانه و جزئیات تمام خرابی ها، همچنین ارائه پیشنهاد اصلاحی می پردازند. در نتیجه متخصصین نت و طراحان ماشین ها قادر به مطالعه در زمینه تعمیر دستگاه و بهبود یا اصلاح طرح و سهولت نت می شوند. در نتیجه بهبود طرح، خراب نشدن دستگاه، بهبود ماشین و سهولت نت حاصل می شود. شکل ۲-۱۰ نمونه های برنامه ریزی شده و چک لیستهای اجرایی در خط ایران خودرو خراسان را نشان می دهد.



کنترل فرآیندهای ویژه

شماره:
تاریخ:

شماره:	کنترل فرآیندهای ویژه	شماره:
تاریخ:		

ساز: ترابینات
محصول: ۴۰۵ و پارس
کد استقرار دستگاه: شماره مدرک:
شرح مدرک: کنترل فرآیندهای ویژه دستگاه تزریق روغن گیربکس
شماره جدید نظر: 1
تاریخ: 1385/04/04

ردیف	شرح عملیات	درجه اهمیت	روش کنترل-حد مطلوب	ابزار کنترل	مرجع	مسئول	دوره بازبینی	تایید
1	کنترل نوع روغن گیربکس مصرفی و تاریخ انقضای transmission fluid-75W80	IM	چشمی - توجه به مارک روی بشکه یا رنگ سیال	چشمی	FMEA	تولیدی QC	شیفت/ ۲	
2	کنترل حجم تزریق (۱۰۰+۱۷۰۰ میلی لیتر)	S	چشمی	چشمی	FMEA	تولید	شیفت/ ۲	
3	چک روزانه دستگاه	IM	کنترل عملکرد دستگاه	چشمی	FMEA	تعمیرات	روز/ ۱	
4	خالی نبودن مخزن دستگاه	IM	مشاهده آلارم و صفحه نمایشگر	چشمی و توجه به بازر	FMEA	تولید	شیفت/ ۲	
5	چک کردن مخزن پارکینگ	IM	بازدید سطح روغن مخزن پارکینگ	چشمی	FMEA	تولید	شیفت/ ۲	
6	چک کردن مدارات و اتصالات	IM	بازدید سره ، شلنگ و آداپتور	چشمی	FMEA	تولید	شیفت/ ۲	

توضیحات:			
تاریخ:	تاریخ:	تاریخ:	تاریخ:
امضاء:	امضاء:	امضاء:	امضاء:
تهیه کننده	تایید کننده	تصویب کننده	صفحه
از			

توزیع نسخ: ۱- مسئول سالن مونتاژ و تکمیل کاری ۲- تولید سالن مونتاژ و تکمیل کاری ۳- کنترل کیفیت سالن مونتاژ و تکمیل کاری ۴- نگهداری و تعمیرات ۵- مهندسی کیفیت و محصول

کد فرم: SO83149 شماره ویرایش: ۰۱ تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۸۴/۵/۱۵



اطلاعات هفتگی طرح نظارت ویژه تجهیزات

شماره:
تاریخ:

شماره:	اطلاعات هفتگی طرح نظارت ویژه تجهیزات	شماره:
تاریخ:		

محصول: ۴۰۵ و پارس
خط: موتور
کد استقرار دستگاه: ایستگاه: E18L
شرح فرآیند: تزریق روغن گیربکس

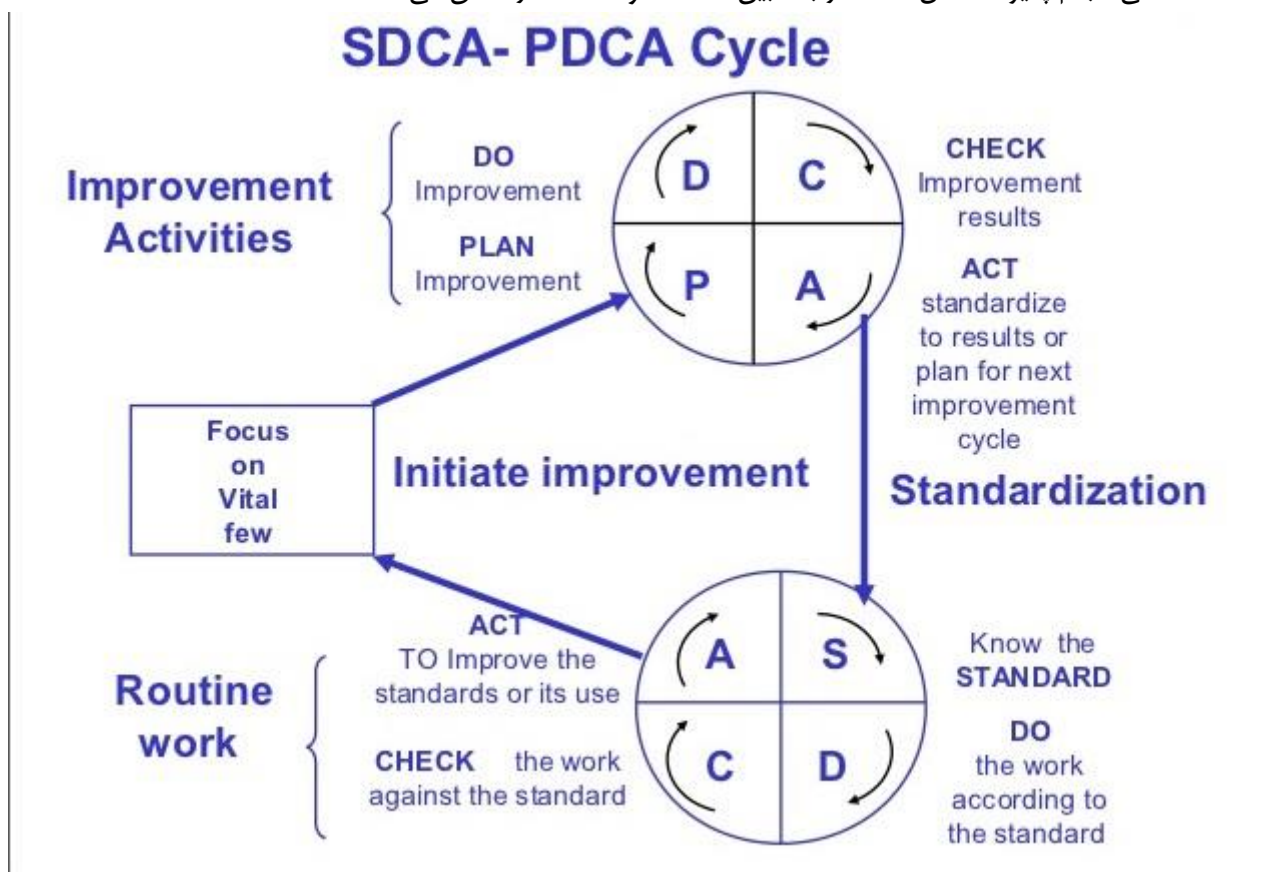
ردیف	شرح عملیات	نتیجه بازبینی																		
		شنبه			یکشنبه			دوشنبه			سه شنبه			چهارشنبه			پنجشنبه			
		QC	تولید	تعمیرات	QC	تولید	تعمیرات	QC	تولید	تعمیرات	QC	تولید	تعمیرات	QC	تولید	تعمیرات	QC	تولید	تعمیرات	
1	کنترل نوع روغن گیربکس مصرفی (نیل بشکه یا رنگ سیال) و تاریخ انقضای																			
2	کنترل حجم تزریق (۱۰۰+۱۷۰۰ میلی لیتر)																			
3	چک روزانه دستگاه																			
4	خالی نبودن مخزن دستگاه																			
5	چک کردن مخزن پارکینگ																			
6	چک کردن مدارات و اتصالات																			
نام و امضاء کنترل کننده																				

عدم تطبیقات و اقدامات اصلاحی		
ردیف	تاریخ	شرح عدم تطبیق
1		اقدامات اصلاحی انجام گرفته
2		
3		
4		
5		

توضیحات:
تایید کننده: تاریخ: امضاء:
کد فرم: SO83150 شماره ویرایش: ۰۱ تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۸۴/۰۵/۱۵

شکل ۲-۱۰: نمونه از برنامه ریزی و چک لیست نت اصلاحی در ایران خودرو خراسان

نگهداری و تعمیرات مانند سایر سیستم‌ها ورودی، فرآیند، خروجی و بازخورد دارد. برای بهبود مستمر سیستم نت، رفع مشکلات و ارتقای سطح مدیریت نت چرخه ای موثر باید طراحی شود تا در گردش عملیات و اطلاعات، اشکالات و نقاط ضعف سیستم توسط شاخص‌های مناسب نمایان شود و پس از تعیین راه‌حل‌های منطقی، اقدامات اصلاحی انجام پذیرند. شکل ۱۱-۲ ارتباط بین SDCA و PDCA را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۲: ارتباط بین چرخه SDCA و PDCA در چرخه مدیریت نت

۲،۱،۲،۱،۱ استاندارد سازی^{۲۶}: گام اول در دستیابی به نتایج مثبت در استقرار سیستم‌های نت، داشتن یک برنامه استاندارد نت براساس نیاز و شرایط کارکرد ماشین است. شکل ۱۲-۲ یک نمونه استاندارد سازی نگهداری و تعمیرات برای گان جوشکاری سالن بدنه سازی شرکت رنو فرانسه.

PLANNED MAINTENANCE

"LOCKOUT PRIOR TO MAINTENANCE"

STATION #45LH
S5S PROJECT
BODY

2/2 1/2002
PS0018

LUBRICATION

- S ① Check lubricator & fill as required with Tribol ATO-100LS.
S ② Grease robot as required with Tribol MPG-00.

VISUAL INSPECTION

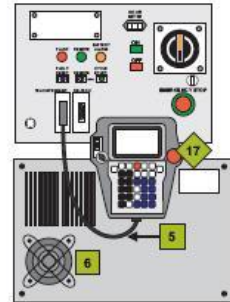
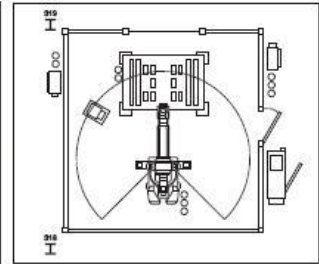
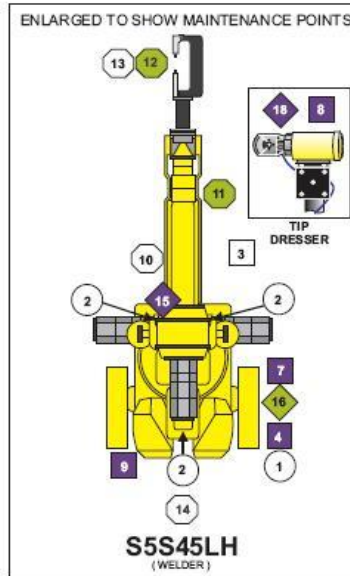
- S ③ Visually inspect the robot, controller, workcell and the surrounding area. During the inspection make sure all safeguards are in place and the work envelope is clear of personnel.
D ④ Ensure cooling valve is open.
W ⑤ Check teach pendant cable for excessive twisting. Unwind as required.
W ⑥ Check ventilation port on controller for dust and clean as required.
D ⑦ Check hoses and fittings for tightness and cracks. Repair as required.
D ⑧ Check tip dresser cutter blade for wear and repair or replace as required.
D ⑨ Check battery case cap to ensure it is secure and for prevention of contamination.

CRITICAL TOOLING

- S ⑩ Inspect all flex cables in workcell for fatigue.
W ⑪ Physically check wrist for excessive play.
W ⑫ Check weld gun for wear & cracks or other evidence of thermal breakdown or damage.
S ⑬ Dress tips as schedule dictates.
S ⑭ Record all information on master cell maintenance sheet.

CLEANING

- D ⑮ Clean any residue that may accumulate on robot.
W ⑯ Clean all visual containers, i.e., air, oil.
W ⑰ Clean teach pendants.
D ⑱ Clean tip dressers.



○ = Shift ◻ = Daily ◊ = Weekly

For Repairs or Replacements, Please Contact Frontr Automation, Inc. at (800) 295-7301

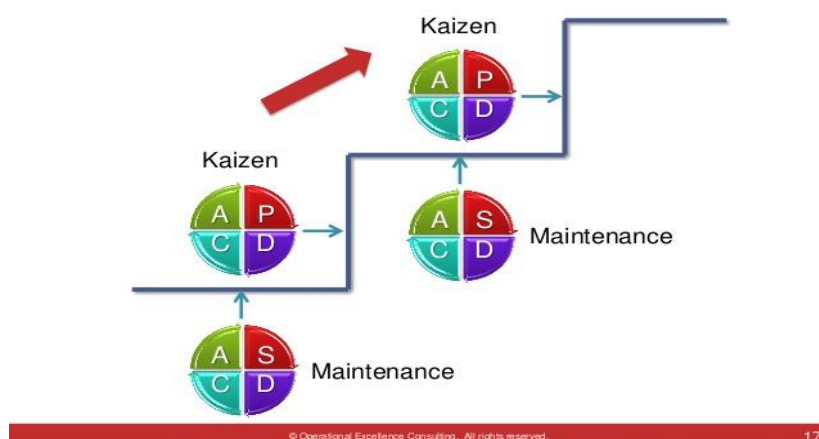
شکل ۲-۱۲: استاندارد سازی نت، گان جوشکاری

۲، ۱، ۲، ۱، ۲ اجرا^{۲۷}: بخش دوم از چرخه نت، به اجرای برنامه های استاندارد نت تدوین شده اشاره دارد. برای این کار از چرخه PDCA کمک می گیرند که در صنعت به چرخه دمینگ معروف است. شکل ۲-۱۳ نحوه ایجاد بهبود از طریق PDCA براساس SDCA را نشان می دهد.

نحوه کار به ترتیب زیر است:

- برنامه ریزی (PLAN): برنامه ریزی و زمان بندی اجرای برنامه ها،
- اجرا (DO): اجرای برنامه ها و ثبت گزارش ها،
- کنترل (CHECK): نظارت و کنترل صحت اجرای برنامه های گزارش شده،
- اصلاح (ACTION): اعلام موارد نقض و تایید نشده به مجریان برای رفع اشکالات.

SDCA / PDCA Cycle



شکل ۲-۱۳: چرخه بهبود PDCA با استفاده از SDCA

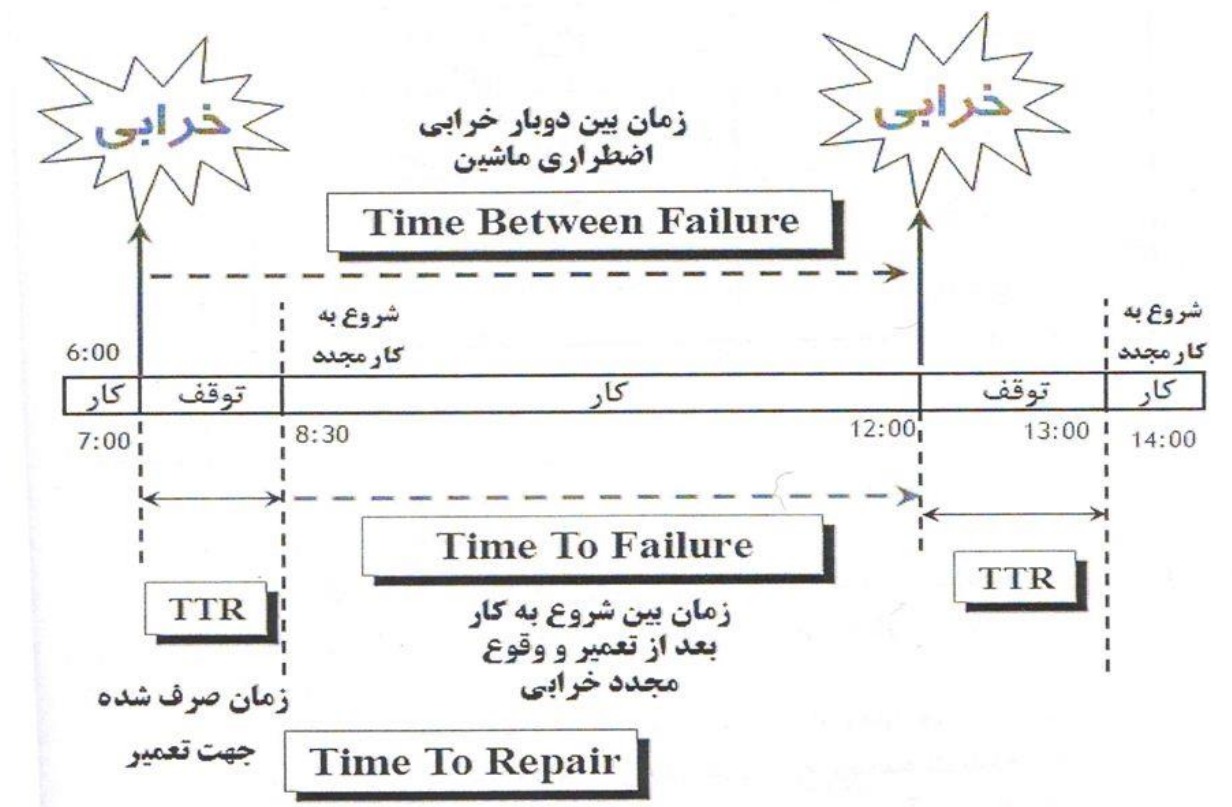
در این چرخه تمام فعالیت ها در حال بهبود هستند بنا براین می توانیم پیشرفت پیوسته ای داشته باشیم.

نکته قابل توجه در این قسمت نحوه اجرای بند کنترل است. این قسمت از برنامه براساس نوع سیستم نت مورد استفاده در شرکت متفاوت است.

۲،۱،۲،۱،۳ کنترل نتایج^{۲۸}: این بخش از چرخه نت به کنترل نتایج حاصل از اجرای برنامه ها اشاره دارد. در این قسمت به کمک شاخصهای نت، میزان اثربخش بودن اجرای برنامه ها مورد ارزیابی قرار می گیرد. برخی از شاخص های مورد استفاده در این قسمت عبارتند از:

۲،۱،۲،۱،۳،۱ میانگین زمان بین دو خرابی^{۲۹} (MTBF)

شاخصی است که فاصله بین دو خرابی یک تجهیز را اندازه گیری می کند. شکل ۲-۱۴. برای این شاخص مقدار تعریف شده ای بصورت استاندارد جهانی وجود ندارد و عموماً بصورت کلی است. برخی از دست اندرکاران معتقدند که کمک چندانی به سیستم نت نمی کند و برخی معتقدند که برای اندازه گیری اثربخشی سیستم خصوصاً در کنار شاخص MTTR مناسب است.



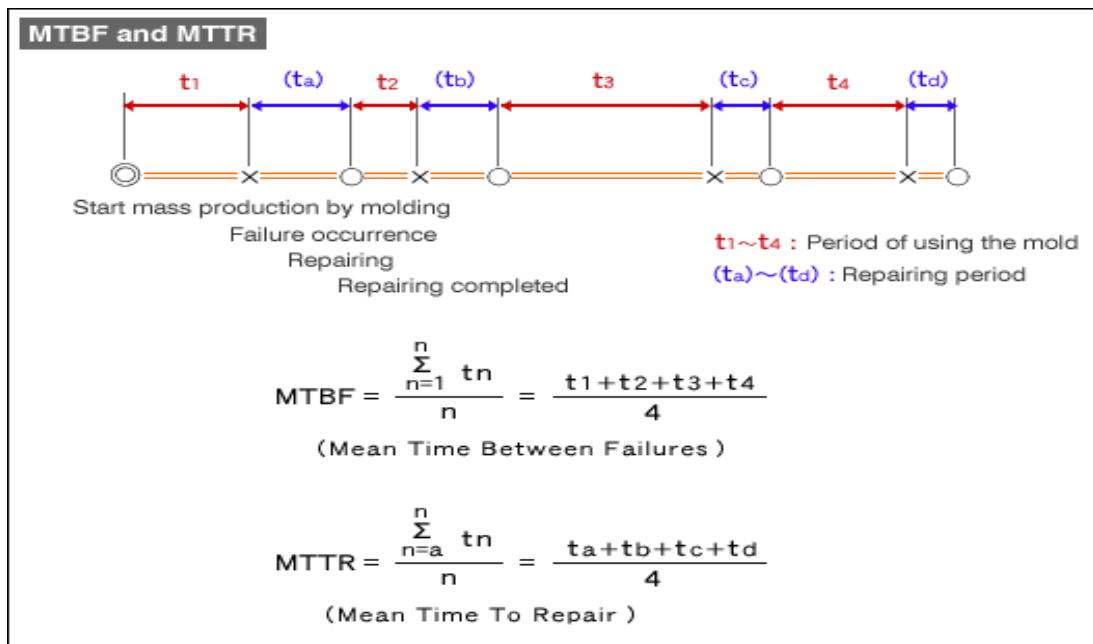
شکل ۲-۱۴: نمودار مفهومی میانگین زمان بین دو خرابی MTBF

۲، ۱، ۲، ۱، ۳، ۲ میانگین زمان مصرف شده جهت تعمیر^{۳۰} (MTTR)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{total maintenance time}}{\text{number of repairs}} \quad (\text{فرمول ۲-۱۵})$$

این شاخص در واقع بیان کننده قابلیت تعمیر پذیری یک تجهیز را نشان می دهد که براساس فرمول ۲-۱۵ قابل محاسبه است.

شاخص های MTTR و MTBF وضعیت دستگاه را در حالت سالم و خراب (صفر و یک) مورد بررسی قرار می دهند، این شاخص ها عملکرد دستگاه را در زمان سالم بودن با جزئیات بررسی نمی کنند. شکل ۲-۱۶ ترکیب دوشاخص MTTR و MTBF را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۶: نمایش همزمان MTBF و MTTR

۲,۱,۲,۱,۳,۳ شاخص اثربخشی تجهیزات^{۳۱} (OEE)

اثربخشی کلی تجهیزات شامل سه فاکتور زمان در دسترس بودن، میزان عملکرد و میزان کیفیت می باشد. بدین ترتیب تمامی امکان مشارکت فراگیر واحدهای سازمان در تعیین اثربخشی کلی تجهیزات فراهم می گردد. نحوه محاسبه این شاخص مطابق شکل ۲-۱۷ است:

Peralatan Produksi		Six Big Loss	Perhitungan OEE
Loading Time			
Operating Time	Downtime Losses	1 Breakdown Loss	Availability = $\frac{\text{Loading Time}}{\text{Downtime Losses}} \times 100\%$
		2 Setup & Adjustment Loss	
Net Operating Time	Speed Losses	3 Chokotei Loss	Performance rate = $\frac{\text{Teoritical cycle time} \times \text{Process amount}}{\text{Operating Time}} \times 100\%$
		4 Cycle Time Loss	
Valuable Operating Time	Quality Losses	5 Defect Loss	Quality Rate = $\frac{\text{Process amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processes amount}} \times 100\%$
		6 Startup Loss	
OEE = Availability x Performance Rate x Quality Rate			

شکل ۲-۱۷: اجزاء و نحوه محاسبه شاخص اثربخشی تجهیزات

۲,۱,۲,۱,۴ اقدامات اصلاحی^{۳۲}: براساس نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص ها و در صورت روند نامناسب شاخص های نت، نسبت به عارضه یابی و تحلیل وضعیت اقدام خواهد شد. این بخش از چرخه نت علاوه بر تحلیل شاخصها، برای تحلیل خرابی های اضطراری نیز مورد استفاده قرار گرفته که نتایج آن منجر به اصلاح و یا تکمیل استاندارد نت ماشین آلات خواهد شد.

۲,۱,۳ سازمان های نگهداری و تعمیرات

سازمانهای نت بر اساس نوع استقرار به چهار گروه «متمرکز»، «نیمه متمرکز» و «غیر متمرکز» و «مجازی»^{۳۳} تقسیم می شوند. **۲,۱,۳,۱ سازمان نت متمرکز:** در این نوع سازمان کلیه خدمات لازم برای قسمت ها و کارگاه های مختلف توسط یک سازمان متمرکز (یا مدیریت فنی) تامین میشود. **اهم مزایا:**

- استفاده بهینه از پرسنل، ابزار آلات،
- کاهش هزینه های پرسنلی،
- امکان برنامه ریزی دقیق تر نت و کنترل خرابی ها، هزینه های نت

اهم معایب آن،

- ارتباط کم بین پرسنل نت و تولید،
- عدم امکان انجام سریع تعمیرات،
- اتلاف وقت به دلیل حضور پرسنل، دریافت قطعات، آوردن ابزار،

۲,۱,۳,۲ سازمان نت غیر متمرکز: در این نوع سازمان به جای یک تشکیلات مرکزی هریک از کارگاه های بزرگ تولیدی و قسمت های کارخانه در داخل تشکیلات خود یک گروه نگهداری و تعمیرات دارند که مستقیماً زیر نظر سرپرست آن کارگاه تولیدی انجام وظیفه می کند. در کارخانجات و صنایعی که چنین تشکیلاتی دارند الزاماً علاوه بر گروه های که زیر نظر کارگاه های تولیدی به امور تعمیرات می پردازند یک (یا چند) کارگاه مرکزی نیز وجود دارد که سرویس های لازم در زمینه کارهای فنی نظیر تراشکاری، جوشکاری های دقیق، ساخت قطعات یدکی و در اغلب موارد تعمیر وسایط نقلیه را به عهده دارد. **اهم مزایای تشکیلات نت غیرمتمرکز:**

- بالا بودن سرعت انتقال اخبار و اطلاعات و دستورات در زمینه تعمیر و سرویس و اعمال تعمیرات اضطراری به علت نزدیک بودن فاصله و کوچک بودن گروه نت در مقایسه با تشکیلات متمرکز
- بالا رفتن سرعت یادگیری و مهارت کارکنان نت (در تخصص های مربوط به نگهداری و تعمیر ماشین آلات مخصوص آن کارگاه)
- آشنایی بیشتر کارکنان نگهداری و تعمیرات با روش های تولید مخصوص به آن کارگاه
- همکاری نزدیک، و وجود روابط انسانی مناسب تر بین گروه های نگهداری و تعمیرات و تولید به علت وجود یک مدیریت واحد.

^{۳۲} Action

^{۳۳} Virtual Maintenance

اهم معایب:

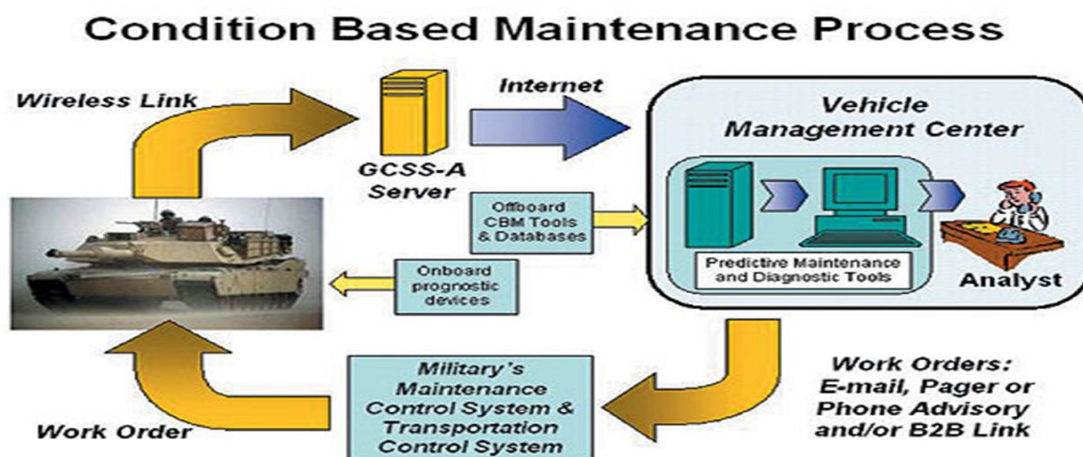
- بالا بودن هزینه های بالاسری و سرپرستی به علت لزوم استقرار سرپرستان و استاد کاران و مهندسين جهت هريك از گروه های كوچك نگهداری و تعمیرات در كارگاه های مختلف
- بالا رفتن حجم و هزینه نگهداری قطعات یدکی به علت نبود انبار مرکزی نگهداری قطعات
- یکنواختی در كار كارگران و كاركنان نگهداری و تعمیرات
- نا آشنایی كاركنان نت با سایر تخصصهای مربوط به حرفه خود به علت ثابت بودن نوع كار
- نبود امکانات آموزشی برای كاركنان نت به این علت كه اصولاً توجه اصلی يك كارگاه تولیدی به امور تولید معطوف بوده و بنا براین فراهم نمودن چنین امکاناتی جهت گروه های نگهداری و تعمیرات در درجه دوم اهمیت قرار می گیرد
- عدم امکان مطالعه و بررسی بازده گروه های نگهداری و تعمیرات و مقایسه وضعیت کلی ماشین آلات و تجهیزات در سطح كارخانه
- پایین بودن میزان کاربرد نیروی انسانی و تجهیزات نت به علت عدم امکان نقل و انتقال كارگران جهت پر كردن قطعات یدکی مربوط به ماشین آلاتی كه از کشورهای مختلف و یا حداقل در كارخانجات سازنده متفاوت تهیه شده اند.

۲,۱,۳,۳ سازمان نت نیمه متمرکز: این نوع سازمان دهی ترکیبی از دو سازمان دیگر بوده و از مزایای هر دو بهره می گیرد. در حال حاضر بیشتر شرکتهای داخلی و خارجی از این نوع ساختار استفاده می کنند.

۲,۱,۳,۴ سازمان نت مجازی: در این نگرش تلاش بر این است كه با استفاده از امکانات مخابراتی و شبکه های کامپیوتری، مزایا و امکانات سودمندی برای فعالیتهای نت حاصل گردد. در ایده آل ترین شرایط ترجیح داده میشود كه يك تعمیركار قادر باشد از راه دور يك دستگاه را مورد بازرسی قرار دهد و سپس با تشخیص عیب یا مشکل در دستگاه اقدام به تعمیر دستگاه از راه دور نماید.

طبیعی است كه در چنین شرایطی استفاده از روباتهای بسیار پیشرفته برای انجام بازرسی بر طبق درخواستهای رودرروی تعمیركاران و یا اجرای نت از راه دور ضروری است كه البته با توجه به شرایط خاص و غیرساخت یافته محیط اجرای تعمیر، این ایده برای انجام تعمیرات فیزیکی هنوز هم در حد رؤیا است .

با این وجود در مورد تعمیر تجهیزات دیجیتال، بخصوص در زمینه نرم افزار تجربیات متعددی وجود دارد و امروزه به يك موضوع عادی تبدیل شده است . يك نمونه مفهومی سازمان نت مجازی در شكل ۲-۱۸ نشان داده شده است.



شكل ۲-۱۸: نمونه ای از سازمان نت مجازی

در حالت معمولی استراتژی، مسیر و جهت دستیابی منابع سازمان به اهداف را شخص می کند. توسعه و اجرای یک استراتژی نگهداری و تعمیرات برای یک کارخانه صنعتی شامل سه مرحله است:

- ① تنظیم یک استراتژی نگهداری و تعمیر برای هر دارایی
- ② تعیین منابع لازم برای اجرای موثر استراتژی
- ③ اجرای صحیح و سنجیده استراتژی

برخی از استراتژیهای قابل اتخاذ در نت عبارتند از:

- نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه **Preventive Maintenance**
- نگهداری و تعمیرات پیشگویانه **Predictive Maintenance**
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط **Condition Based Maintenance**
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان **Reliability Centered Maintenance**
- نگهداری و تعمیرات ناب **Lean maintenance**
- نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر **Total Productive Maintenance**
- نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر ناب **Lean TPM**
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک **Risk-based maintenance**
- نگهداری و تعمیرات چابک **Agile Maintenance**
- نگهداری و تعمیرات مجازی **Virtual Maintenance**
- نت برپایه کسب و کار **Business Centered Maintenance**

سیاست نت^{۳۴}، ارتباط داخلی میان رده ها و سطوح مختلف و جایگاه اعمال فعالیتهای نت را توصیف می کند. با وجود دسترس پذیری تمام سیاستهای نگهداری و تعمیرات و توانایی هایشان برای جلوگیری از خرابی ها و باز گرداندن سیستم به وضعیت عملیاتی خود، در بیشتر مواقع نقص ها و خرابی های همچنان رخ می دهد. جدول ۲-۱۹ نوع سیاست نت و نارسائی های ذکر شده را نشان می دهد.

جدول ۲-۱۹: تشریح نوع سیاست نت و نارسائی های و اشکالات

نوع سیاست	نارسائی ها و اشکالات
نت مبتنی بر شکست	دشواری در برنامه ریزی فعالیتهای صحیح و مناسب. تحمیل هزینه های سنگین بدلیل خرابی قطعات
نت مبتنی بر زمان کارکرد	تعویض گروهی قطعاتی که هنوز عمر مفید آنها به اتمام نرسیده و تحمیل هزینه ناخواسته
نت مبتنی بر وضعیت	بالا بودن هزینه بازمینی هر جزء در دسترس نبودن بعضی از اجزاء و قطعات

در نتیجه، صنعت به این آگاهی رسیده است که یک سیاست تعمیر و نگهداری به تنهایی نمی تواند از کار افتادگی ها و خرابی ها را حذف کند یا کارخانه به حداکثر توان عملیاتی خود برساند.

این آگاهی نقطه شروعی برای استراتژیهای نگهداری و تعمیرات مانند نگهداری و تعمیرات اعتماد محور (RCM) و نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر (TPM) است.

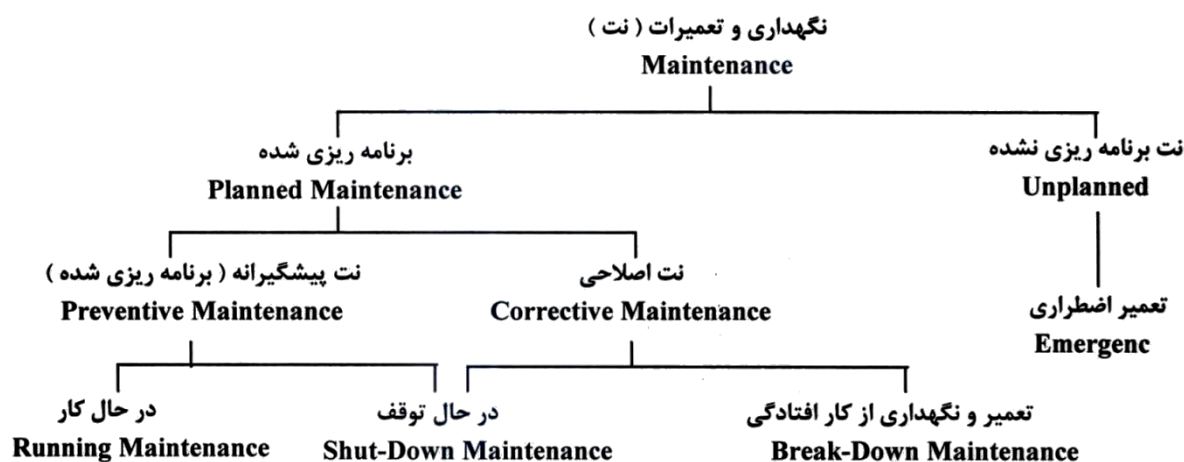
۲,۱,۵,۱ نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اعتماد: علم انتخاب فعالیت نت مناسب براساس قابلیت اطمینان مورد انتظار از سیستم و روشی است برای تشخیص عملیاتی که باید صورت گیرد تا مطمئن شویم هر تجهیز، تاسیس، ماشین یا فرآیندی، کار مورد انتظار استفاده کنندگانش را انجام خواهد داد.

۲,۱,۵,۲ نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر: نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان، یک روش شناسی دارایی محور^{۳۵} است، با تمرکز عمده روی تصمیم گیری در باره نوع کارهای نت به کار رفته.

در حالی که نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر روشی است با جهت گیری های مختلف که روی کارکنان تمرکز کرده و بخش جدایی ناپذیر از مدیریت کیفیت است.

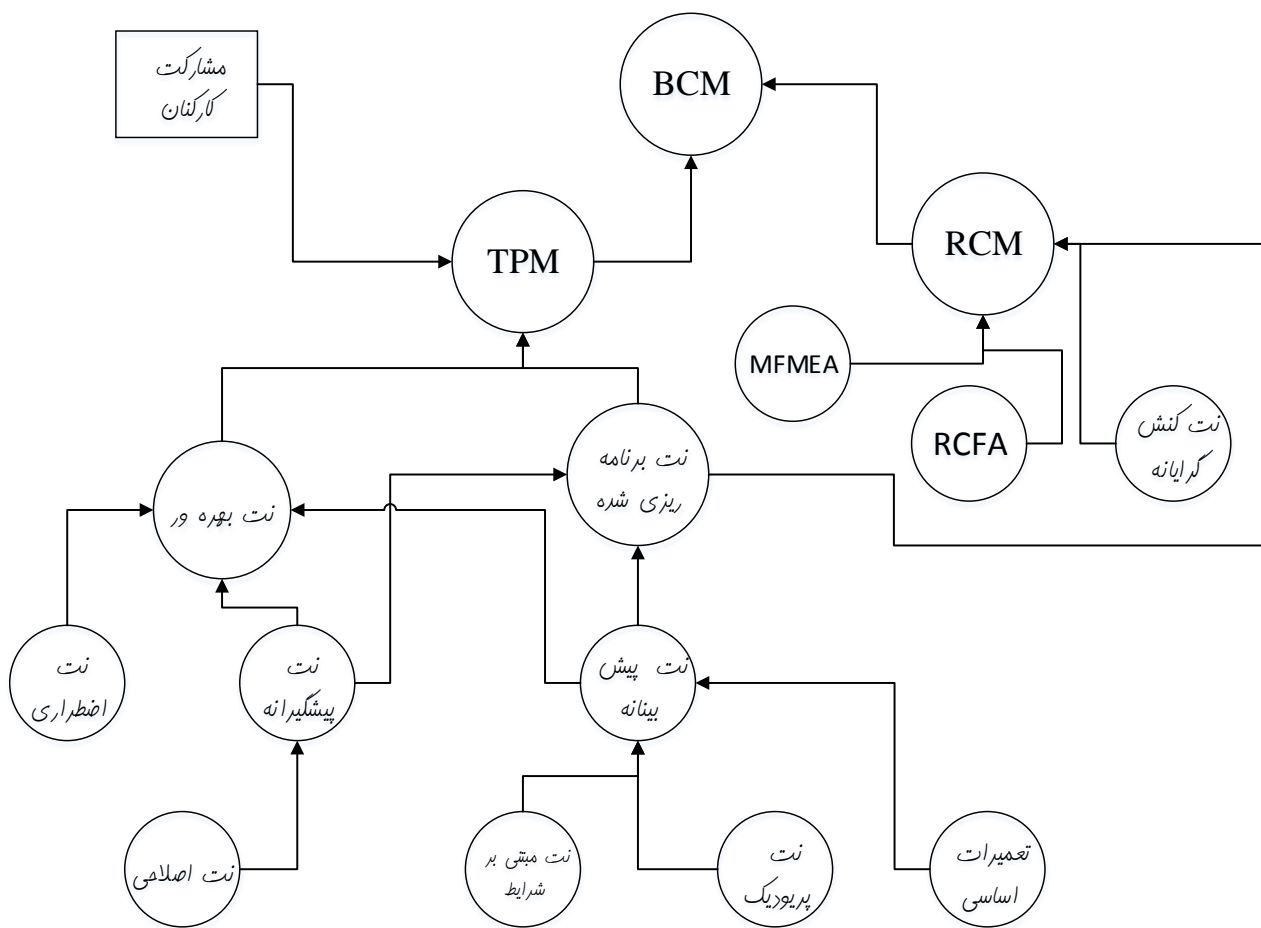
۲,۲ جمع بندی مفهومی

قدیمی ترین تقسیم بندی نگهداری و تعمیرات براساس British Standard 1950 مطابق شکل ۲-۲۰ زیر است.



شکل ۲-۲۰: تقسیم بندی عناوین نگهداری و تعمیرات در سال ۱۹۵۰ توسط بریتیش استاندارد

با توجه به مباحث مطرح شده طی دو فصل گذشته می توان چارت فوق را مطابق شکل ۲-۲۱ توسعه داد.



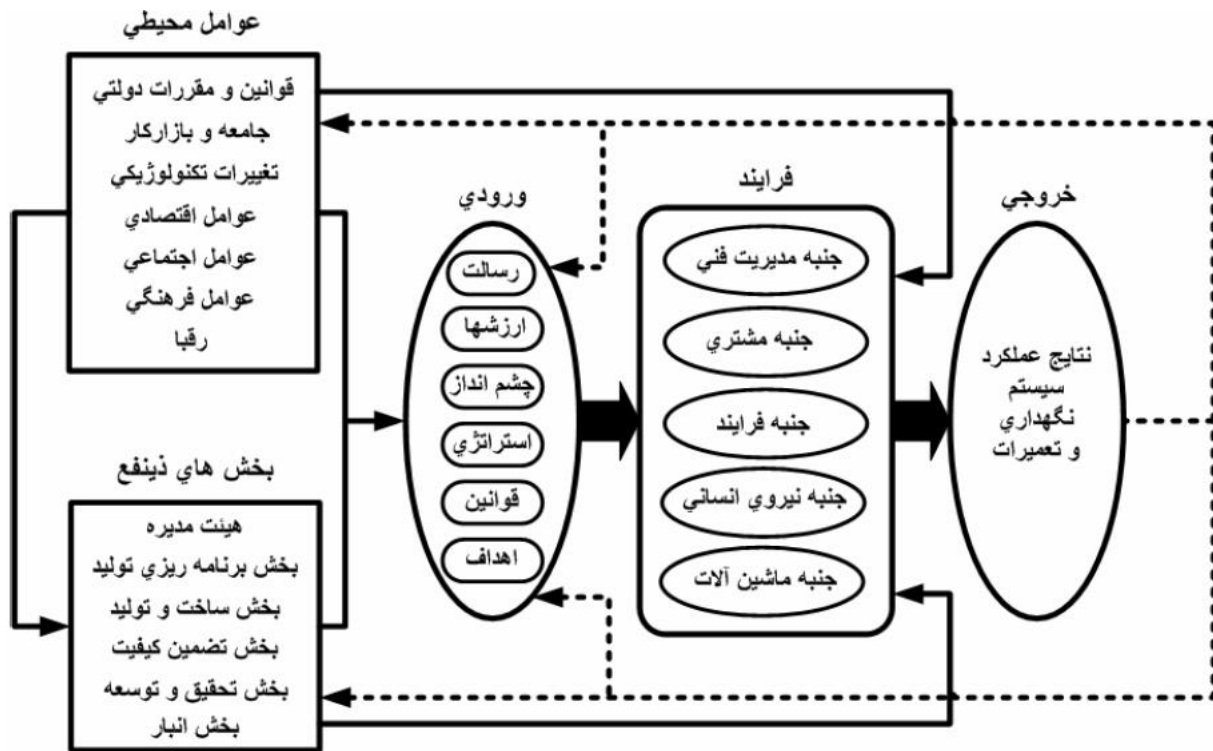
شکل ۲-۲۱: مدل توسعه یافته عناوین نگهداری و تعمیرات

۲,۳ مدل ارزیابی متوازن نگهداری و تعمیرات

ارزیابی متوازن BSC^{۳۶} یکی از روشهای پیاده سازی استراتژیهای هر سازمان است. مدل پیشنهادی بر مبنای ارزیابی متوازن که توسط سید اکبر نیلی پور طباطبایی ارائه شده می تواند الگوی پیشنهادی خوبی جهت پیاده سازی مقوله نگهداری و تعمیرات باشد.

مدل کاربردی ارزیابی متوازن عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات:

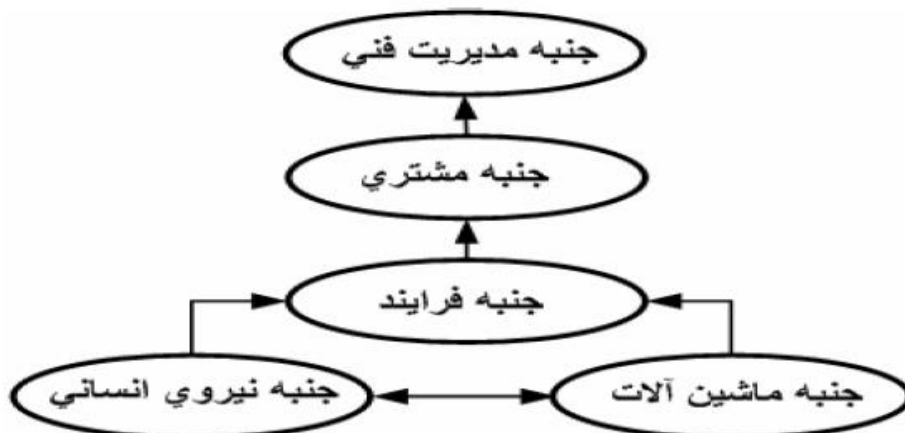
شکل ۲-۲۲ رابطه بین عوامل محیطی، بخش های ذینفع، ورودی ها، فرآیند و خروجیهای در سیستم نگهداری و تعمیرات را نشان می دهد.



شکل ۲-۲۲: نمودار مفهومی بین عوامل محیطی و بخش های ذینفع و فرآیند نت

روابط علی بین جنبه ها:

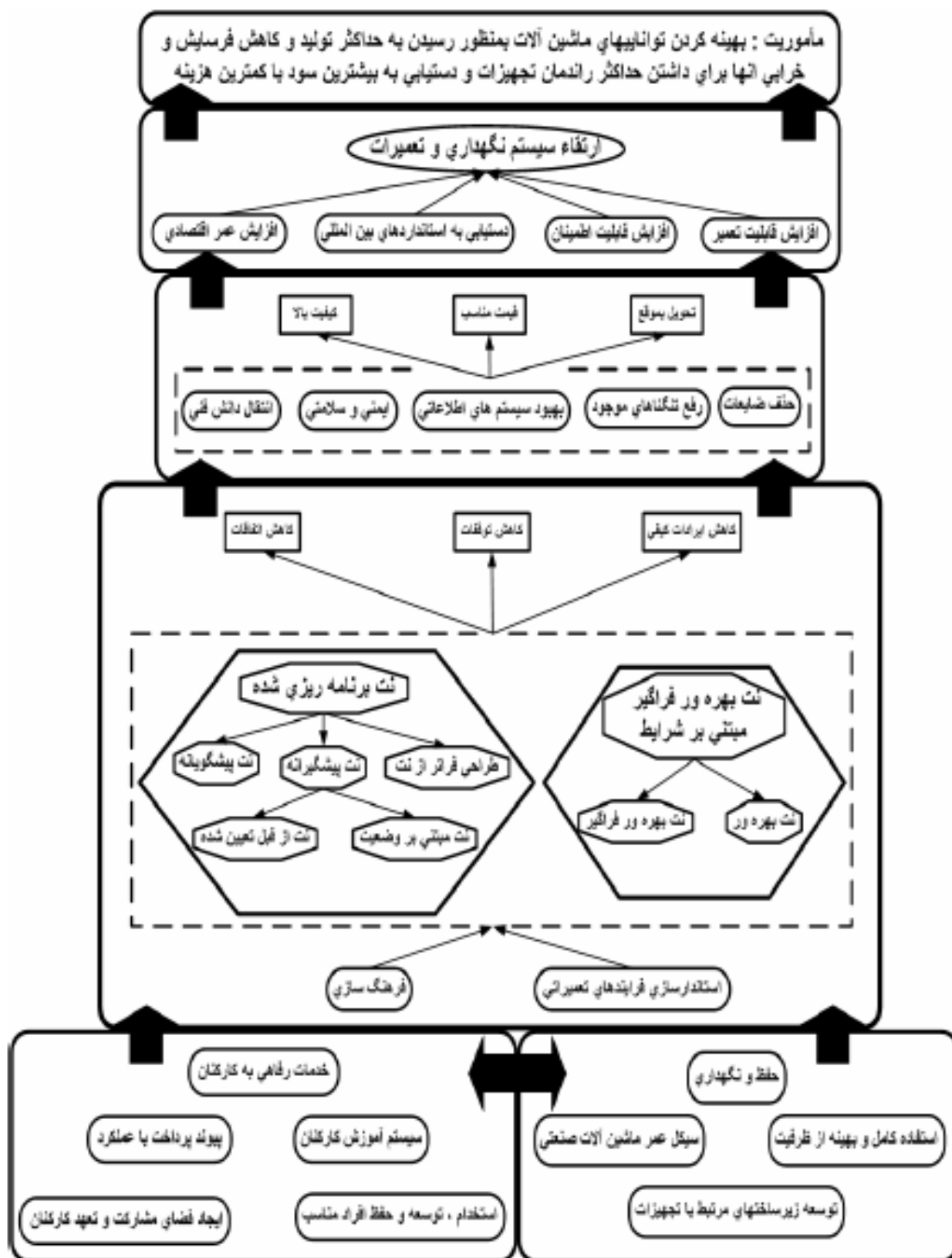
شکل ۲-۲۳ رابطه علی بین جنبه های استراتژی ساز نگهداری و تعمیرات را نشان می دهد.



شکل ۲-۲۳: نمودار رابطه علی جنبه های استراتژی ساز نگهداری و تعمیرات

نقشه استراتژی، توصیف شیوه خلق ارزش در سازمان

شکل ۲-۲۴ نشان دهنده اجزاء عملیاتی جنبه های استراتژی ساز نت جهت تحقق مأموریت نگهداری و تعمیرات است.



شکل ۲-۲۴: نقشه استراتژی نگهداری و تعمیرات

در مدل فرآیندی توصیه شده APQC ، فرآیندها، زیر فرآیندها و فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات شفاف گردیده است. فرآیند متناظر بکار گرفته شده در شرکت تولید روی بندرعباس طی جدول ۲-۲۵ تحت عنوان شناسنامه فرآیندی ، بعنوان نمونه آمده است.

جدول ۲-۲۵: شناسنامه فرآیند مدیریت تجهیزات و تسهیلات شرکت تولید روی بندرعباس

شناسنامه فرآیند			
نام فرآیند	مدیریت تجهیزات و تسهیلات	کد فرآیند	Q08
دامنه کاربرد	حوزه تولید	مالک فرآیند	مدیر فنی
هدف فرآیند	ساخت / توسعه تسهیلات ، برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات ، اجرای نگهداری و تعمیرات ، افزایش بهره وری تجهیزات و تسهیلات ، تعیین تکلیف تجهیزات / تسهیلات و کالیبراسیون		
عناصر مرتبط	6.3 & 7.5 & 7.6		
خروجیها		ورودیها	
نام فرآیند دریافت کننده	خروجی	ورودی	نام فرآیند ارسال کننده
بازاریابی و فروش Q03	سفارش خدمات <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ماموریت <input checked="" type="checkbox"/> خط مشی <input checked="" type="checkbox"/> اهداف <input checked="" type="checkbox"/> تامین منابع	توسعه استراتژی و چشم انداز Q01
تولید و تحویل Q04	ماشین آلات/تسهیلات/ابزار کنترلی آماده به کار <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ساختار سازمانی <input checked="" type="checkbox"/> مسئولیتها و اختیارات <input checked="" type="checkbox"/> نیروی آموزش دیده	منابع انسانی Q06
		<input checked="" type="checkbox"/> تامین منابع	منابع مالی Q07
		<input checked="" type="checkbox"/> مستندات نظام یکپارچه <input checked="" type="checkbox"/> برنامه ممیزی درخواست اقدام اصلاحی، پیشگرا نه و بهبود <input checked="" type="checkbox"/>	مدیریت دانش ، بهبود و تغییر Q01
		رویه ها و دستورالعملهای HSE <input checked="" type="checkbox"/> برنامه مانور <input checked="" type="checkbox"/> طرحهای اضطراری	مدیریت سلامت ، بهداشت، ایمنی و محیط زیست Q09
زیر فرآیندها			
۸,۰ مدیریت تجهیزات و تسهیلات			
۸,۱ ساخت / توسعه تسهیلات			
	دریافت نیازمندیهای ساخت / توسعه تسهیلات		۸,۱,۱
	طراحی / زمانبندی ساخت / توسعه تسهیلات		۸,۱,۲
	آنالیز بودجه و منابع مورد نیاز		۸,۱,۳
	اجرای ساخت / توسعه تسهیلات		۸,۱,۴
	تدوین و اجرای برنامه پشتیبانی از تسهیلات		۸,۱,۵
۸,۲ برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات			
	تهیه و به روز رسانی لیست ماشین آلات ، تاسیسات ، تسهیلات و ابزار		۸,۲,۱
	برنامه ریزی بازرسی دوره ای		۸,۲,۲
	برنامه ریزی تعمیرات پیش بینانه / پیشگیرانه		۸,۲,۳
	تهیه Backup Solution تجهیزات / تسهیلات کلیدی		۸,۲,۴
	برنامه ریزی تامین قطعات یدکی		۸,۲,۵

۸.۳ اجرای نگهداری و تعمیرات

دریافت درخواست انجام کار (درخواستهای برنامه ای / اتفاقی)	۸,۳,۱
تعیین اجرای تعمیرات بصورت داخلی یا استفاده از پیمانکار	۸,۳,۲
انجام تعمیرات / بازرسی ماشین آلات / ابزارآلات/ تجهیزات / تسهیلات	۸,۳,۳
ثبت و نگهداشت سوابق	۸,۳,۴

۸.۴ افزایش بهره وری تجهیزات / تسهیلات

آنالیز هزینه های نگهداری و تعمیرات	۸,۴,۱
شناسایی تجهیزات / تسهیلات غیر بهره ور	۸,۴,۲
اندازه گیری شاخصهای نگهداری و تعمیرات	۸,۴,۳
تعریف اقدامات اصلاحی لازم بمنظور افزایش بهره وری	۸,۴,۴

۸.۵ تعیین تکلیف تجهیزات / تسهیلات

تصمیم گیری بر روی تجهیزات / تسهیلات	۸,۵,۱
تعریف پروژه نوسازی / بازسازی	۸,۵,۲
تعریف پروژه تغییر کاربری	۸,۵,۳
تعریف پروژه نگهداری و حفاظت	۸,۵,۴
تعریف پروژه حراج / مزایده	۸,۵,۵

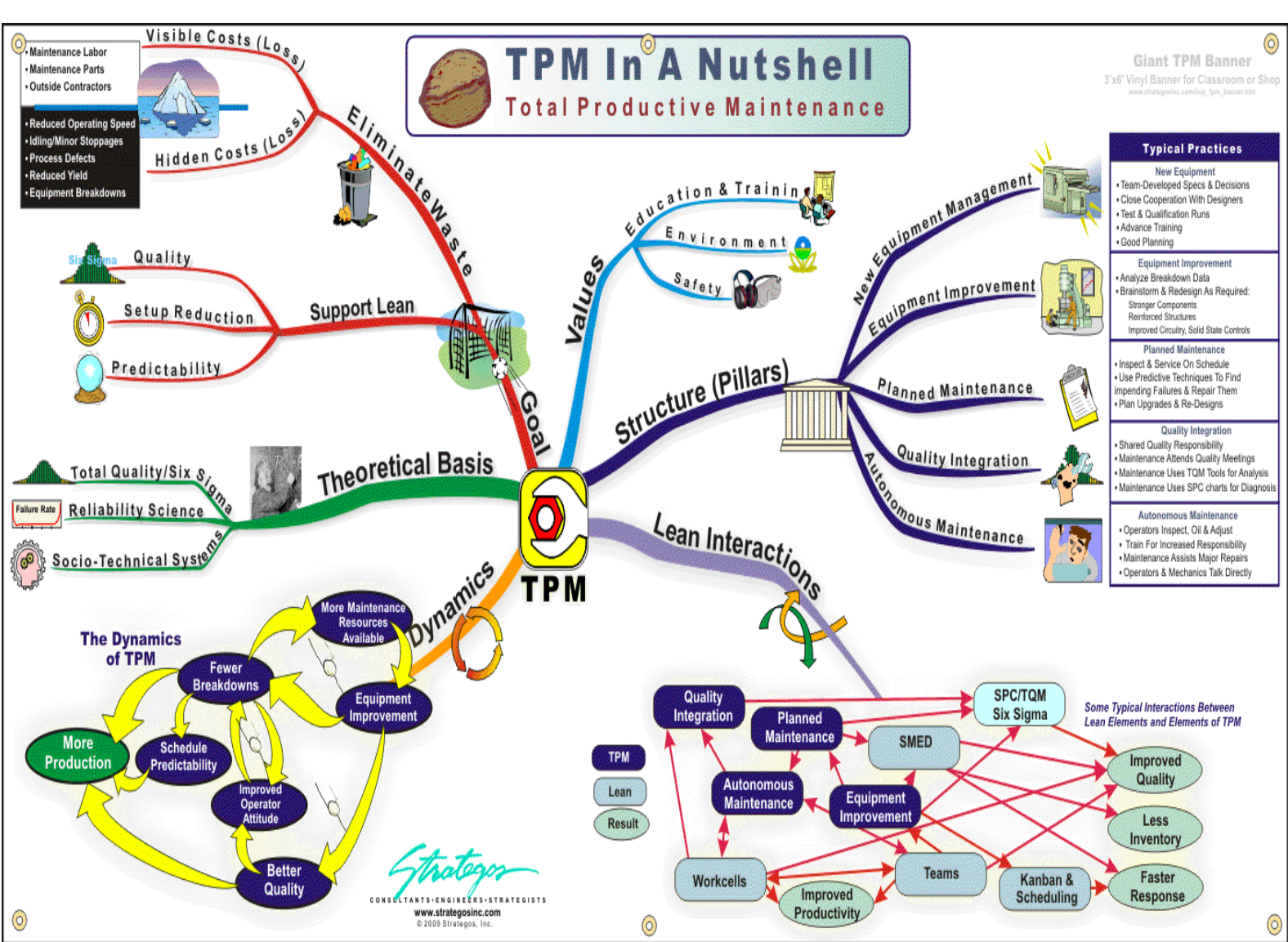
۸.۶ کالیبراسیون

شناسایی و تعیین ابزارهای کنترلی موثر بر کیفیت فرآیند ، محصول ، جنبه های زیست محیطی و ایمنی	۸,۶,۱
دریافت استانداردها و روشهای کالیبراسیون	۸,۶,۲
برنامه ریزی انجام کالیبراسیون	۸,۶,۳
اجرای فعالیتهای کالیبراسیون	۸,۶,۴
ثبت و نگهداشت سوابق کالیبراسیون	۸,۶,۵

فصل سوم

نگهداری بهره‌ور فراگیر

Total Productive Maintenance



۳,۱ تاریخچه نگهداری بهره ور فراگیر

از زمانی که اولین اسناد در زمینه سیستم نت بهره‌ور جامع (TPM) ارائه گردید، بیش از سی سال می‌گذرد. نگهداری و تعمیرات فراگیر اولین بار در کشور ژاپن توسعه یافت.

این سیستم توسط شرکت Nippon Enson که تولیدکننده قطعات یدکی اتومبیل است بطور رسمی در سال ۱۹۷۱ اجرا شد. نسخه اول سیستم TPM به مدل Nakajima (از بنیانگذاران TPM) مشهور بوده و تا سال ۱۹۸۹ نیز در اصول پنجگانه آن تغییری داده شد. با تغییر نگرش در سیاست های کلان TPM، ویرایش دوم و سوم سیستم مذکور (در طول سال های ۱۹۸۹ الی ۱۹۹۴) توسط آقای T.Suzuki ارائه گردید

در واقع علت اصلی خلق و بکار گیری این فلسفه نت این بود که اپراتورها توسط ماشین ها مشغول تولید بودند و پرسنل نت وظیفه تعمیر این دستگاهها را بعهده داشتند. با اتوماتیک شدن دستگاه ها حجم کار نت ماشین آلات به شدت افزایش یافت و باید نیروی زیادی برای انجام این کار استخدام می شد. مدیریت به این فرک افتاد که فعالیت های روتین و ساده نگهداری را می توان به اپراتورها سپرد(نت مستقل، یکی از اصول نت بهره ور فراگیر) و واحد نت تنها تعمیرات تخصصی را انجام دهد و در واقع استراتژی شرکت از حالت سنتی به مدرن تغییر داد.

۳,۲ وا شکافی ادبیاتی TPM

۳,۲,۱ **رویکرد جامع:** اصل و فلسفه فراگیری که با کلیه جنبه های امکانات و تجهیزات به کار گرفته شده در تمامی زمینه های یک شرکت عملیاتی و افرادی که این تجهیزات را راه اندازه، تنظیم و نگهداری می کنند، سرو کار دارد.

۳,۲,۲ عمل بهره ور: رویکرد خود جوش و پیش فعالی برای شرایط و عملیات تجهیزات که هدف آن بهبود مداوم بهره وری و عملکرد کلی موسسه است.

۳,۲,۳ نگهداری: روش عملی برای نگهداری و بهبود اثربخش تجهیزات و یکپارچگی کلی عملیات تولید.

مولفه نگهداری، آن مولفه ای نیست که شرکتهای عملیاتی از دیرباز آن را می شناخته اند.

در آن دیدگاه، نگهداری، مارا به یاد روغن کاری و گریس کاری، برداشتن آچار شلاقی و به هم ریختن دل و روده ی یک دستگاه خراب و ... می اندازد، اما منظور « نگهداری » در روش TPM، حفظ انسجام و یکپارچگی عملیات تولید و نگهداری خودجوش و کنشی(به جای واکنشی) است که بر روی کلیه جنبه های شرایط و عملیات تجهیزات در حال کار تمرکز می کند.

۳,۳ عناصر تشکیل دهنده TPM

TPM به معنای وسطع کلمه، هم یک فلسفه است و هم مجموعه ای از ورشها و تکنیکها که هدف همگی آنها به حداکثر رساندن اثربخشی امکانات و فرآیندهای بازرگانی است.

اجزای «عملی» TPM در «کیک TPM» مطابق شکل ۳-۱ نشان داده شده است.

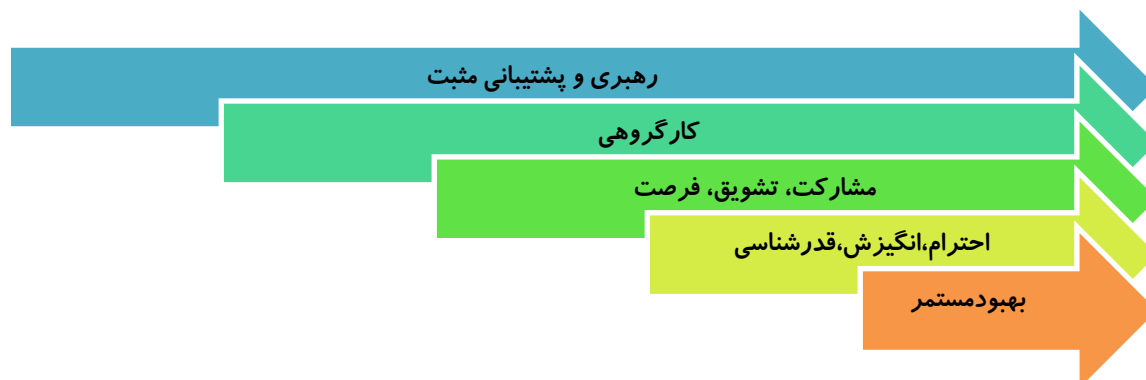


شکل ۳-۱: عناصر تشکیل دهنده TPM

۳,۳,۱ مشارکت دادن و ارتقای کارکنان: حل کردن مسایل نرم افزاری و انسانی، مشکل تر از به کارگیری روشها و تکنیکهای TPM است و موضوعات انسانی در بیشتر موارد به وقت و تلاش بیشتری نیاز دارد. مشارکت دادن و ارتقای کارکنان داری ارکان زیر است. نمودار ۳-۲ نشان داده شده است.

- کار تیمی
- احترام به افراد در کلیه سطوح
- انگیزش افراد در کلیه سطوح
- مشارکت و تشویق

- راهبری و پشتیبانی مثبت
- دادن فرصت به افراد برای کسب مهارت‌ها و تجربه و تقویت استعداد‌های کامل خود(عدالت آموزشی)
- بهبود مستمر و تلاش همیشگی برای بهتر شدن
- تشخیص و تقدیر از تلاش‌ها و فراهم آوردن عوامل انگیزشی.



شکل ۳-۲: نمودار مفهومی اجزاء مشارکت دادن پرسنل در TPM

۳,۳,۲ حفظ و بهبود تجهیزات موجود: از فعالیتهای TPM که هدف آنها حفظ وضعیت پایه تجهیزات است، اغلب به عنوان فعالیتهای نگهداری مستقل^{۳۷} نام برده می شود.

مستقل یعنی خود مختار، غیر وابسته و واگذار شده به یک سطح پایین تر، یعنی اینکه فعالیتهای ساده و مبتنی بر تیم معین توسط کارکنان در محل استقرار یک ماشین خاص به اجرا در آید. واژه نگهداری مستقل در متون ژاپنی تحت عنوان «بومی سازی»^{۳۸} بکار برده میشود. مفهوم «نگهداری مستقل» یا «بومی سازی» مطابق جدول ۳-۳ قابل مطالعه است.

جدول ۳-۳: نحوه تقسیم فعالیت بین کارکنان تولید و نگهداری و تعمیرات در TPM

نقش بخش عملیات	
انجام تعمیرات عمده	حفظ وضعیت «پایه» ماشین آلات جهت جلوگیری از خرابی
بهبود نقاط ضعف و رفع معایب	نظارت بر اثربخشی ماشین آلات جهت اندازه گیری خرابی
برنامه ریزی و اجرای نگهداری پیشگیرانه وزمان بندی شده	بازرسی منظم جهت کشف و پیش بینی مسایل
تجزیه و تحلیل شکستها و عملکردها و انجام نگهداری پیش بینانه	انجام تعمیرات و بهبودهای ساده
نقش نگهداری	

^{۳۷} Autonomous Maintenance

^{۳۸} Localization

۳,۳,۳ کشف و رفع معایب و مسایل عملیاتی: فرق بین معایب و مسایل عملیاتی

۳,۳,۳,۱ معایب: چیزهایی هستند که به اشکالی در ماشین مربوط میشوند یا هم اکنون یا در آینده باعث اشکال در کار آن می شوند مانند

شکسته شدن دستگیره در، نشت هوای کمپرس شده ، فرسوده شدن کشوییها؛ خرابی بلبرینگها یا نشت سوپاپها و همچنین مسایل ایمنی نیز در این دسته می گنجد مانند لخت بودن سیم برق، عمل نکردن محافظها ، شکسته شدن قفلهای داهلی

۳,۳,۳,۲ مسایل عملیاتی: لزوما باعث خرابی عملکرد دستگاه نمی شود ولی کار آن را با مشکل مواجه می سازند . یعنی کارکرد عادی دستگاه را با مشکل همراه می سازند، مانند: نامناسب بودن روکشها، نشت روغن یا آب پاشیدن روی کنترل کننده های فرآیند .

۳,۳,۴ ایجاد، نظارت و بهبود فرآیند اثربخشی: عموماً شش زیان یا اتلاف جهت ایجاد اثربخشی شناسایی، تحت نظارت و بهبود قرار می گیرند که طی جدول ۳-۴ تشریح شده است.

جدول ۳-۴: جدول تشریحی اتلافات شناسایی شده در TPM و محاسبه OEE

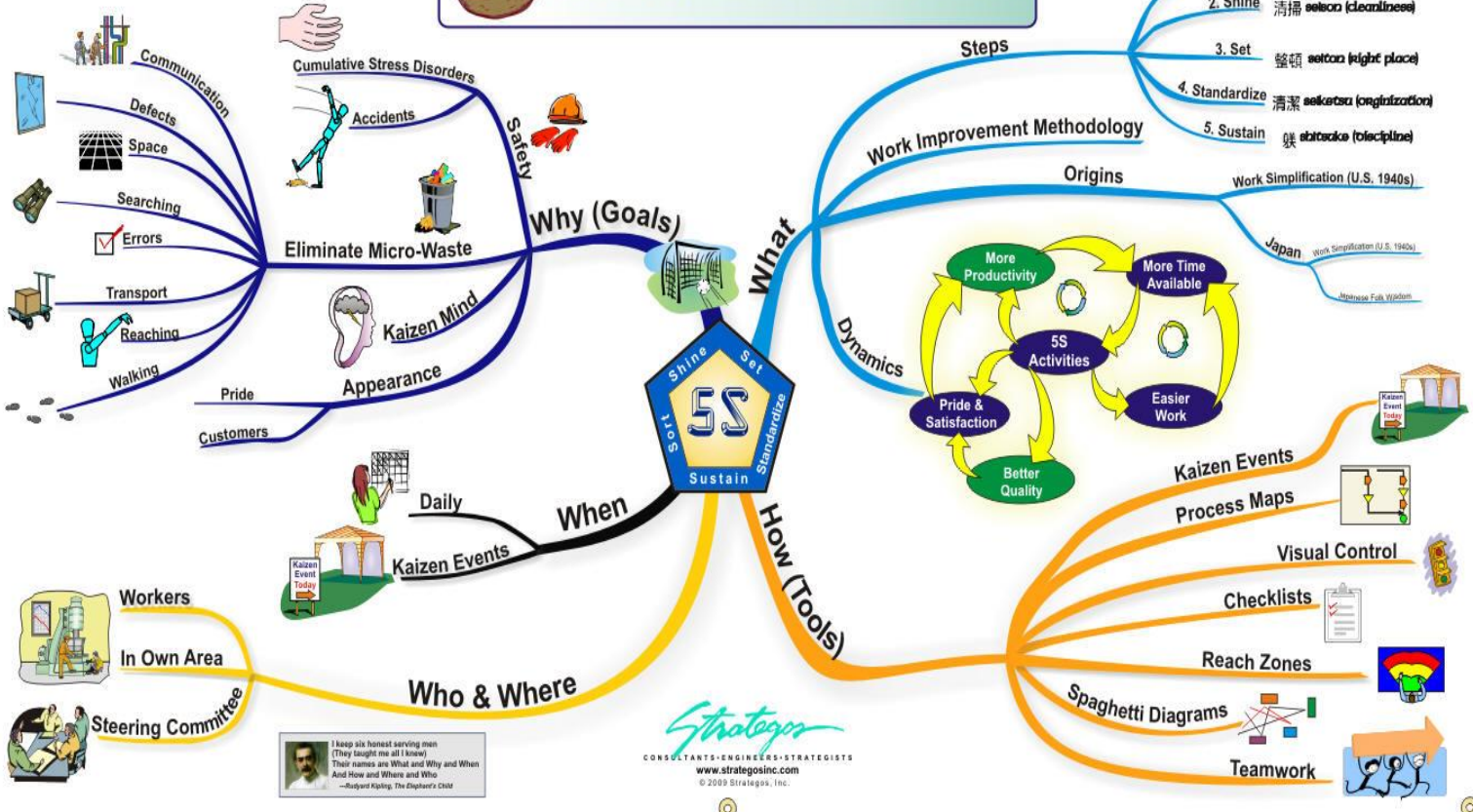
اتلاف	اثر
از کارافتادگی به دلیل خرابی یا تعمیرات تنظیمات و تعویلات New Setup	افت قابلیت دسترسی Availability Losses
توقفات کوچک و ایجاد زمان بیکاری بدلیل خرابی سنسورها یا انتظار برای رسیدن به زمان بارگذاری	افت عملکرد Performance Losses
کاهش سرعت تولید به دلیل انباش معایب دستگاه	
دوریز، دوباره کاری به دلیل تغییر ناخواسته مواد یا کاهش قابلیت فرآیند	افت کیفیت Quality Losses
زمان Ramp up جهت رسیدن به حالت پایدار تولید	

۳,۳,۵ ایجاد و حفظ یک محل کارتمیز، آراسته و مرتب: این جزء «خانه داری صنعتی» یا 5S نام دارد که به نوبه خود یک حرکت عظیم فرهنگی است . اجزاء تشکیل دهنده 5S در جدول ۳-۵ آمده است.

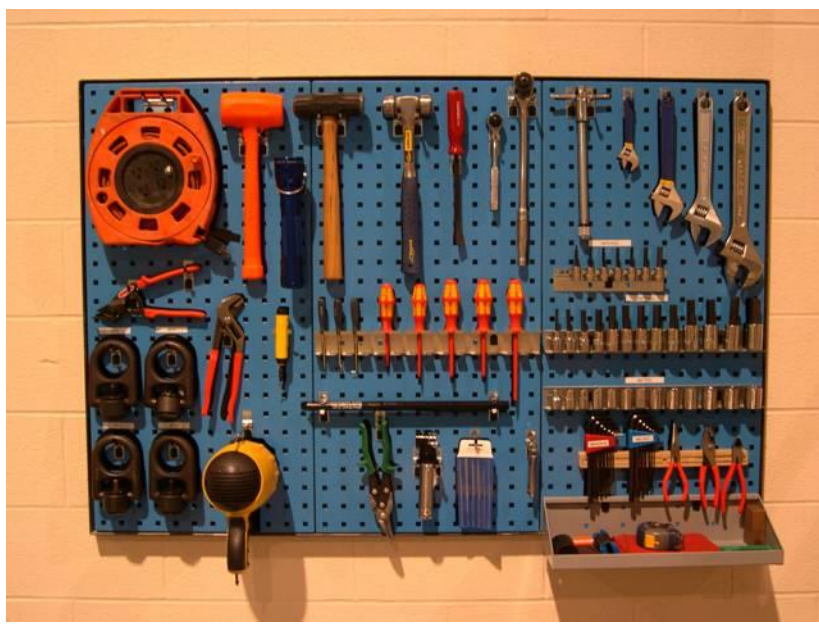
جدول ۳-۵: اجزاء و عناصر 5S

ساماندهی	Sorting Out	Seiri
پاکیزه سازی	Spic and Span	Seiso
نظم و ترتیب	Systematic Arrangement	Seiton
استانداردسازی	Standardizing	Sekitsu
انضباط	Self - discipline	Shitsuke

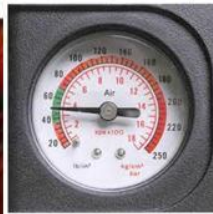
5S In A Nutshell



نمونه های اجرایی 5S در سایتهای مختلف شرکت بنز آلمان مطابق اشکال ۳-۶ قابل مشاهده است.







5S - Schedule Inspection line 2004

DAIMLERCHRYSLER
APC Dept.

Section	Week	January					February				March				April				May				June							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
Body Shop E	Holidays	B			A							B			A							B						B		
Body Shop C				B				A					B			B							B				A			B
Canopy / Metal finish				B				A					B										B						B	
Trimming E			B			A							B										B					A		
Trimming C					B				A					B									B						A	
Trimming / Final S								B			A												B						A	
Final E							B			A													B						A	
Final C							B			A													B						A	
Finishing							B			A													B						A	
APC central room			B			A							B										B						A	
Body Shop room				B					A					B									B						A	
Implementation room						B								B									B						A	
Trimming room							B																B						A	
Final room							B																B						A	

Section	Week	July				August				September				October				November				December									
		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53				
Body Shop E	Holidays		A						B					A																	
Body Shop C			B			A							B																		
Canopy / Metal finish					A								B																		
Trimming E				A									B																		
Trimming C			B			A							B																		
Trimming / Final S					B										B																
Final E				B						A																					
Final C				B						A																					
Finishing					B					A																					
APC central room				A											A																
Body Shop room					A										B																
Implementation room			B			A									B																
Trimming room				B			A								B																
Final room					B																										

Note: B (Before) } Audit is done directly when Team inspect
 A (After)

Prepared : Widhy / 5S-Schedule

5/20/2005



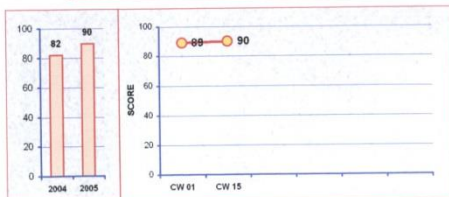
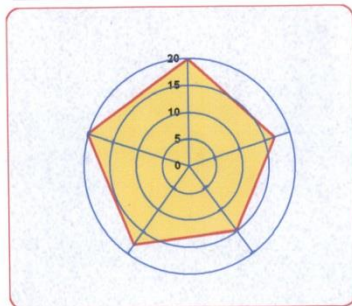
5S INSPECTION - BEFORE

DAIMLERCHRYSLER
APC Dept.

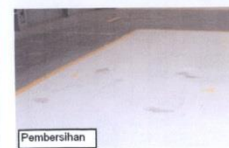
Person in charge : Nur Kismet



Inspection date : CW 15
Location : Final C-Class
Reason : Low coordination
Action Period : 3



Picture of Deviation



*) CW : Calender Week

5S INSPECTION RECORD - AFTER

DAIMLERCHRYSLER
APC Dept.

Person in charge : Nur Kismet



Inspection week : CW 17
Location : Final C-Class
Reason : Low coordination
Action Period : 3 weeks

Picture of Deviation



Widhy/5S/5S-Final-W203_A

شکل ۳-۶: نمونه های اجرا شده در سایت های مختلف شرکت بنز

۳,۳,۶ کشف و رفع معایب ذاتی: در نتیجه فعالیتهای نگهداری مستقل یا بومی سازی، تیم TPM، معایب ذاتی را چه در طراحی و ساخت ماشین آلات و چه در روشهای عملیاتی که پشتیبان فرآیند هستند، کشف خواهند کرد. اغلب اوقات، آنها قادر به همسو کردن این معایب به عنوان بخشی از فعالیتهای روزمره نخواهد بود، زیرا رفع این معایب به تلاش، منابع و هزینه های زیادی دارند. بدین منظور رویکرد حل مساله از طریق تعریف پروژه های بهبود در سه حوزه «بهبود قابلیت دسترسی»، «بهبود عملکرد» و «بهبود کیفیت» می پردازند. نمودار مفهومی ۳-۷ نشان دهنده حوزه ها و نوع پروژه های بهبود است.

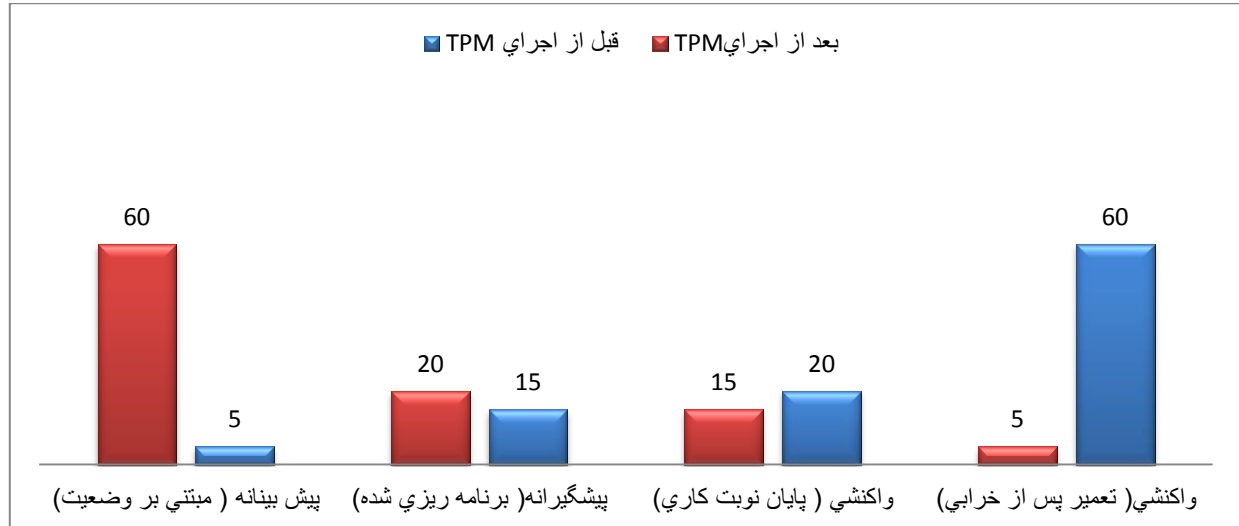
اثر بخشی

قابلیت دسترسی	×	عملکرد	×	کیفیت
<ul style="list-style-type: none"> ● مطالعه و بهبود کاهش زمان تعویض کامل یا تنظیمات ● بهبود پایایی ● طراحی دوباره برای قابلیت تعمیر پذیری 		<ul style="list-style-type: none"> ● تجزیه و تحلیل و حذف اتلافها ● بهبود فرآیند ● روش مطالعه و بهبود عملیات 		<ul style="list-style-type: none"> ● مطالعه و بهبود قابلیت فرآیند ● طرح Misting Porfing ● Re Enginering

نمودار ۳-۷: حوزه ها و پروژه های بهبود در معایب ذاتی ماشین آلات

۳,۳,۷ ایجاد و بهبود سیستمهای نگهداری برای پشتیبانی از تجهیزات: فعالیتهای تیم TPM، در برقراری و حفظ شرایط مطلوب ماشین آلات و توسعه سیستم نگهداری مستقل یا بومی شده، بر کاهش تعداد دفعات خرابی ماشین آلات تا میزان حدود ۷۰٪ تاثیر خواهد گذاشت.

بصورت خلاصه سیستمهای نگهداری و تعمیرات از روش «واکنشی» به «پیش بینانه» تغییر می یابد. از نظر هدف گذاری می توان مطابق نمودار ۳-۸ مقادیر عددی را پیشنهاد داد.



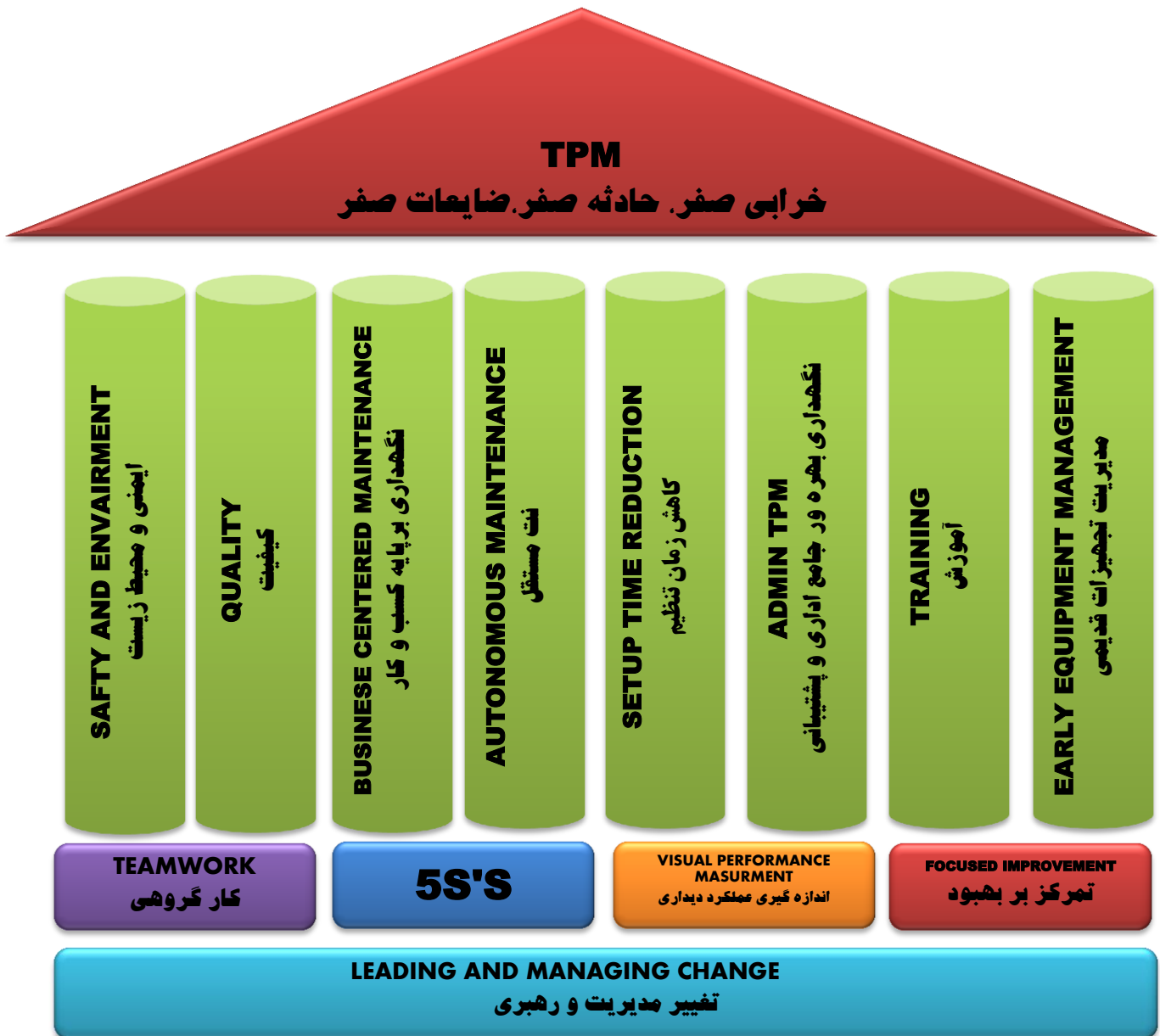
نمودار ۳-۸: مقادیر پیشنهادی هدف گذاری فعالیتهای نت در TPM

۳,۳,۸ خرید و نصب تجهیزات جدید با بیشترین بازدهی: معیارهایی که اصولاً برای خرید یا ساخت یک ماشین و تجهیز در TPM مد نظر قرار می گیرند برای دست یابی به بیشترین بازدهی از مدل ۱۲ معیاری مطابق شکل ۳-۹ پیروی می کند



نمودار ۳-۹: معیارهای خرید و نصب ماشین آلات و تجهیزات جدید

در نگارشهای جدیدتر TPM مدل مفهومی ارائه شده مطابق نمودار ۳-۱۰ است.



نمودار ۳-۱۰: ساختار مفهومی TPM

اصولا TPM برای رسیدن به اهداف زیر معرفی شده است:

- اجتناب از ضایعات ناشی از تغییرات اقتصادی محیط،
- تولید بدون کاهش کیفیت،
- تولید در حداقل زمان ممکن،
- تحویل کالای بدون نقص و عیب،

یکی از نکات قابل توجه TPM، تعریف و تبیین اهداف است که از نظر روش شناسی و نتایج در تمام جهت قابل مقایسه و مطرح شدن است. شاید بتوان گفت مهمترین شاخص TPM عبارت است از اثر بخشی کلی تجهیزات OEE که مطابق شکل ۳-۱۱ هدف گذاری شده است.

World Class OEE	
<i>One type of product, fixed speed, one or two characteristics</i>	
Availability	95.00%
Performance	95.00%
Quality	99.95%
OEE	90%
<i>Machine of few similar parts, variable speed, few characteristics</i>	
Availability	90.00%
Performance	90.00%
Quality	98.50%
OEE	80%
<i>Machine runs several unlike parts, with components feeding in, variable speed, many characteristics</i>	
Availability	90.00%
Performance	85.00%
Quality	98.00%
OEE	75%

شکل ۳-۱۱: اهداف کلاس جهانی OEE

۳,۷,۱ فواید کلان:

- بهبود قابل توجه طی دوره ۶ تا ۱۲ ماه پس از برپاسازی،
- افزایش ۲۵٪ تا ۶۵٪ اثربخشی تجهیزات،
- افزایش ۲۵٪ تا ۵۰٪ کیفیت،
- کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات،
- افزایش ۱۰٪ تا ۶۰٪ نت برنامه ریزی شده در مقابل نت برنامه ریزی نشده،

۳,۷,۲ فواید مستقیم:

- حذف شکایات مشتریان،
- کاهش ۳۰٪ در هزینه های ساخت،
- تحقق ۱۰۰٪ در زمان تحویل،
- کاهش حوادث، حذف تعمیرات اضطراری و اتفاقات ناخواسته،
- کاهش میزان آلایندها،

۳,۷,۳ فواید غیر مستقیم:

- افزایش اعتماد به نفس کارکنان،
- تمیز و جذاب نگه داشتن محیط کار،
- تغییر مساعد در رفتار و طرز فکر کارکنان،
- رسیدن به اهداف در قالب کار،
- گسترش افقی یک هدف در کل سازمان،
- تقسیم و مشارکت در دانش و تجربه،
- جلوگیری از بروز گسل تجربه در سازمان،
- ایجاد تعلق خاطر کارکنان نسبت به ماشین ها.

۳,۸ فواید عملی پیاده سازی TPM

براساس یک تحقیق انجام شده در بین ۲۵۰ شرکت برنده جایزه TPM نتایج مشترک مطابق جدول ۳-۱۲ گزارش شده است.

جدول ۳-۱۲: نتایج حاصل از ۲۵۰ شرکت برنده جایزه TPM در ژاپن

مقدار تغییر	ماهیت تغییر	عامل
۵۰٪	افزایش	بهره وری
۹۹٪	کاهش	خرابی
۹۰٪	کاهش	نرخ خرابی
۷۵٪	کاهش	شکایات مشتری
۳۰٪	کاهش	هزینه تعمیرات
۵۰٪	کاهش	عملیات در دست اقدام
۳۰٪	کاهش	مصرف انرژی
صفر	حذف	حادثه
صفر	حذف	آلودگی محیط زیست

جهت اجرا و پیاده سازی TPM در یک سازمان چهار مرحله مقدماتی با ۵ گام، معارفه با یک گام، اجرا با یک گام و تکمیل با یک گام مطابق جدول ۳-۱۳ بصورت کلی پیشنهاد میشود که در شکل ۳-۱۴ نمونه ای از خط مشی TPM نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۳: مراحل پیشنهادی پیاده سازی TPM

مرحله	گام
مقدماتی	اعلان عمومی مدیریت ارشد در مورد اجرای TPM
	تبلیغات و آموزشهای مقدماتی TPM
	تشکیل کمیته راهبری
	تعیین اهداف
	رسمیت بخشیدن به برنامه اصلی
معارفه	تشکیل جلسه عمومی با حضور مدیر ارشد و تبیین اهداف
اجرا	پیاده سازی ارکان و عناصر TP
تکمیل	جهت گیری جهت دریافت جایزه PM

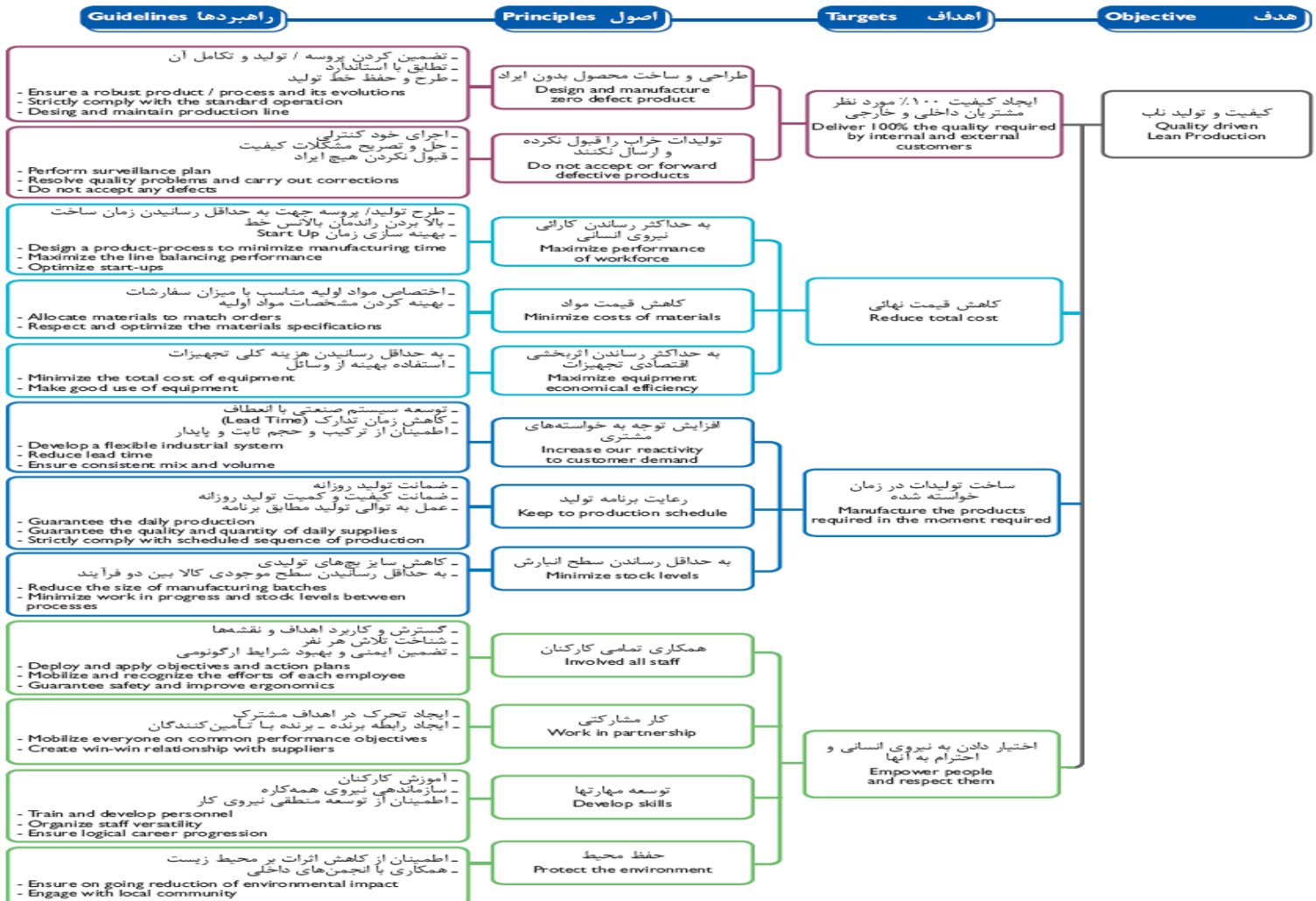


شکل ۳-۱۴: خط مشی TPM

شرکت رنو فرانسه سیستم تولیدی را طراحی و مورد استفاده قرار گرفته که از اجزاء زیر تشکیل شده است.

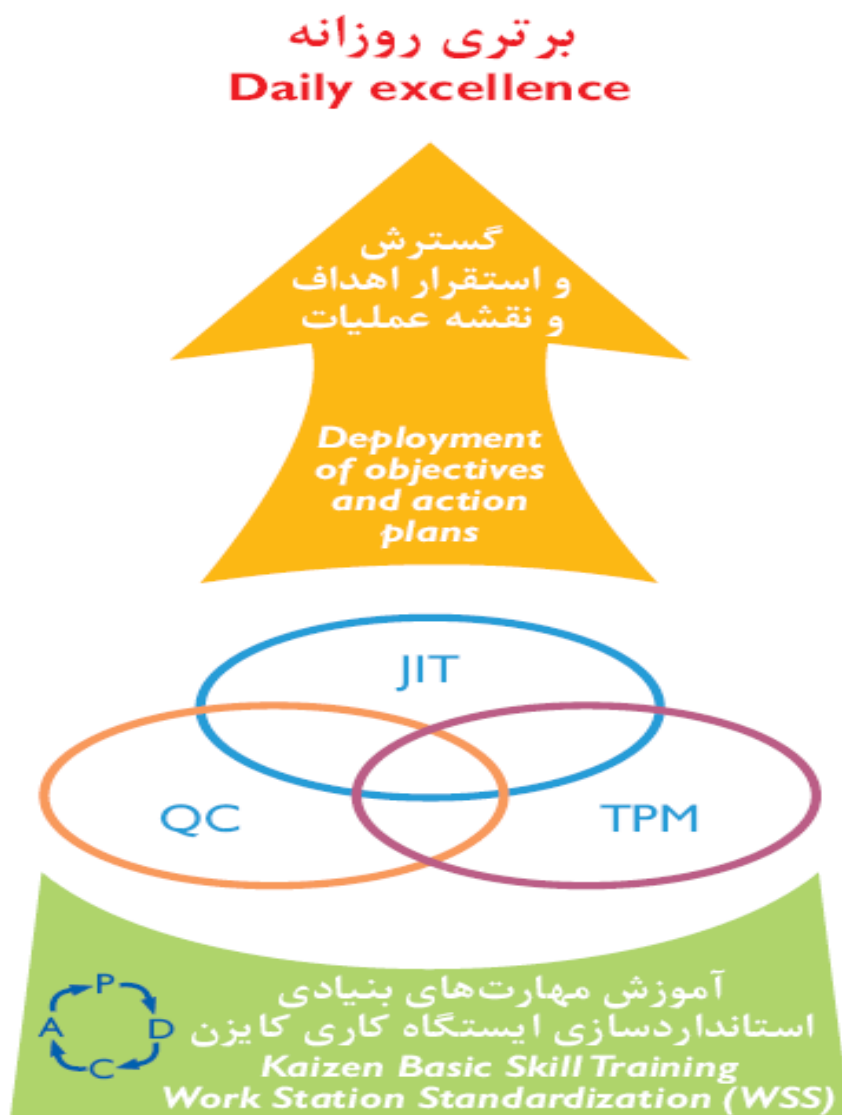
- استاندارد سازی
- بهبود مستمر
- سیستم کیفیت (QC)
- مدیریت تسهیلات TPM
- مدیریت جریان تولید JIT
- بکار گیری اهداف و نقشه های عملیات
- برتری روزانه

این سیستم دارای فرآیند هدف گذاری نظامندی است که طبق نمودار ۳-۱۵ به انجام می رسد،



نمودار ۳-۱۵: فرآیند هدف گذاری SPR

نمودار مفهومی سیستم تولید رنو حاکی از آن است که TPM نقش بسیار اساسی دارد. (شکل ۳-۱۶)



شکل ۳-۱۶: نمودار مفهومی سیستم تولید رنو

مدیریت تسهیلات توسط استراتژی TPM کنترل می شود و به همه اقدامات، روش ها، ابزار، ساختارهای سازمانی مربوط به نگهداری کلیه تسهیلات تولیدی می پردازد: تحلیل تلفات، ردیابی ناهنجاری ها، آموزش های خاص تعمیرات به اپراتورهای تولید، گزارش توقفات عمده، صلاحیت های فنی، نکات آموزشی و ...

TPM برای بهبود جامع کارایی تأسیسات صنعتی طراحی شده است و این منظور را با افزایش آمادگی ماشین آلات و حصول اطمینان از تطابق با میزان متعارف تولید پیگیری می کند:

- توسعه ظرفیت نیروی کار.

- تحلیل و حذف علل توقف های تأسیسات.

- اجرای اصول پنج گانه استراتژی TPM.

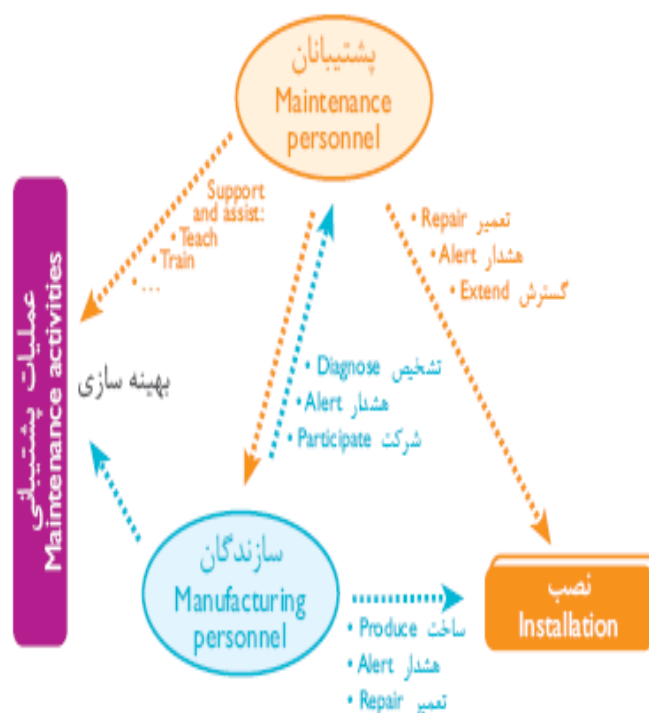
شانزده علت برای تلفات شناسایی شده که بر اساس ریشه آنها در سه گروه دسته بندی می شوند: (جدول ۳-۱۷)

جدول ۳-۱۷: اتلافات شناسایی شده در سیستم تولید رنو

Programmed stoppages Failures Settings Tooling change Start up Micro-stoppages Extended task time Rejects and rework	توقف‌های برنامه‌ریزی شده خرابی‌ها تنظیمات تعویض ابزار آغاز به کار توقف‌های لحظه‌ای افزایش زمان اجرا پس زده شده‌ها و دوباره‌کاری	تلفات ناشی از تجهیزات Types of loss due to equipment
Management Know-how Organisation Logistics Measurement	مدیریت دانش تولید سازمان لجستیک سنجش	تلفات ناشی از کارکنان Types of loss due to personnel
Incoming products Tooling Power	محصول ورودی ابزار انرژی	سایر تلفات Other causes of loss

گروه‌بندی تلفات ممکن است بر اساس زمینه کاربرد، دسته‌بندی مجدد، تفکیک بیشتر یا کامل‌تر شوند.
The families of loss may be re-classified, detailed or completed depending on the field of application.

نقش‌های عوامل موثر مطابق سیستم تولید رنو در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است.

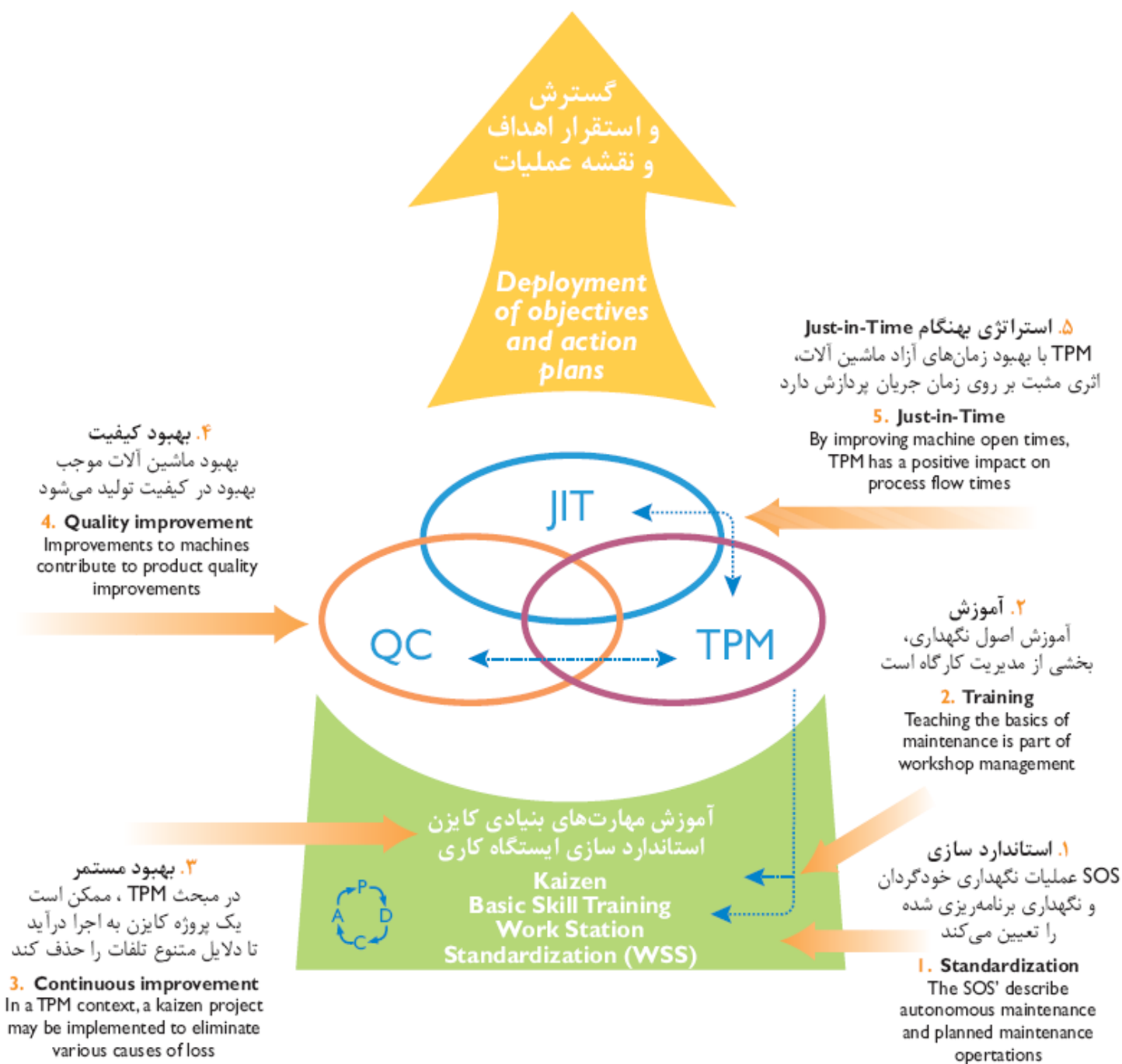


شکل ۳-۱۸: نقش کارکنان بخش تعمیرات و نگهداری و کارکنان بخش ساخت در «نگهداری خودگردان» و «نگهداری برنامه‌ریزی شده».

Example: role of maintenance and manufacturing personnel in the « Autonomous maintenance » and « Planned maintenance » pillars

تعامل و اثرات TPM بر سایر عناصر تشکیل دهنده مدل تولید رنو (شکل ۳-۱۹)

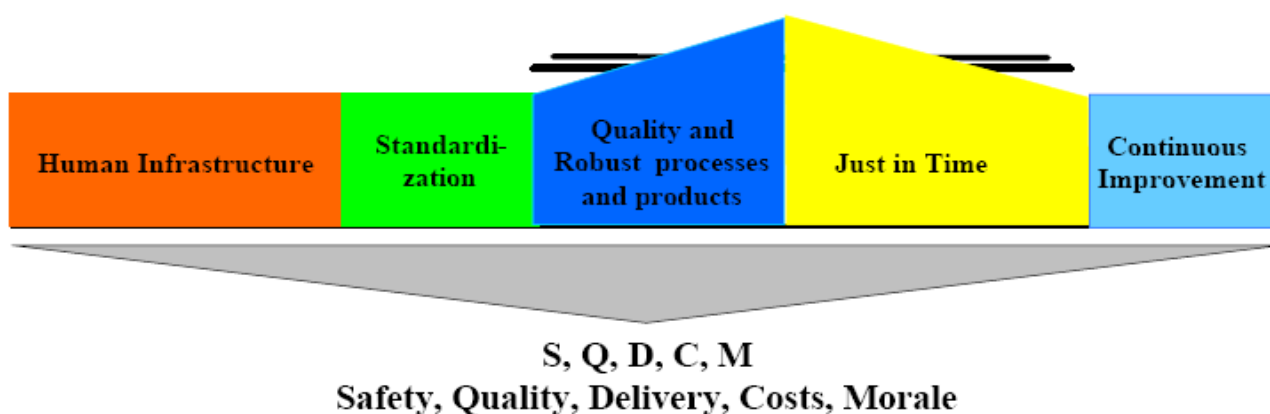
برتری روزانه DAILY EXCELLENCE



شکل ۳-۱۹: تعامل و اثرات TPM با عناصر سازنده مدل مفهومی سیستم تولید رنو

۳,۱۰,۲ سیستم تولید مرسدس بنز MPS

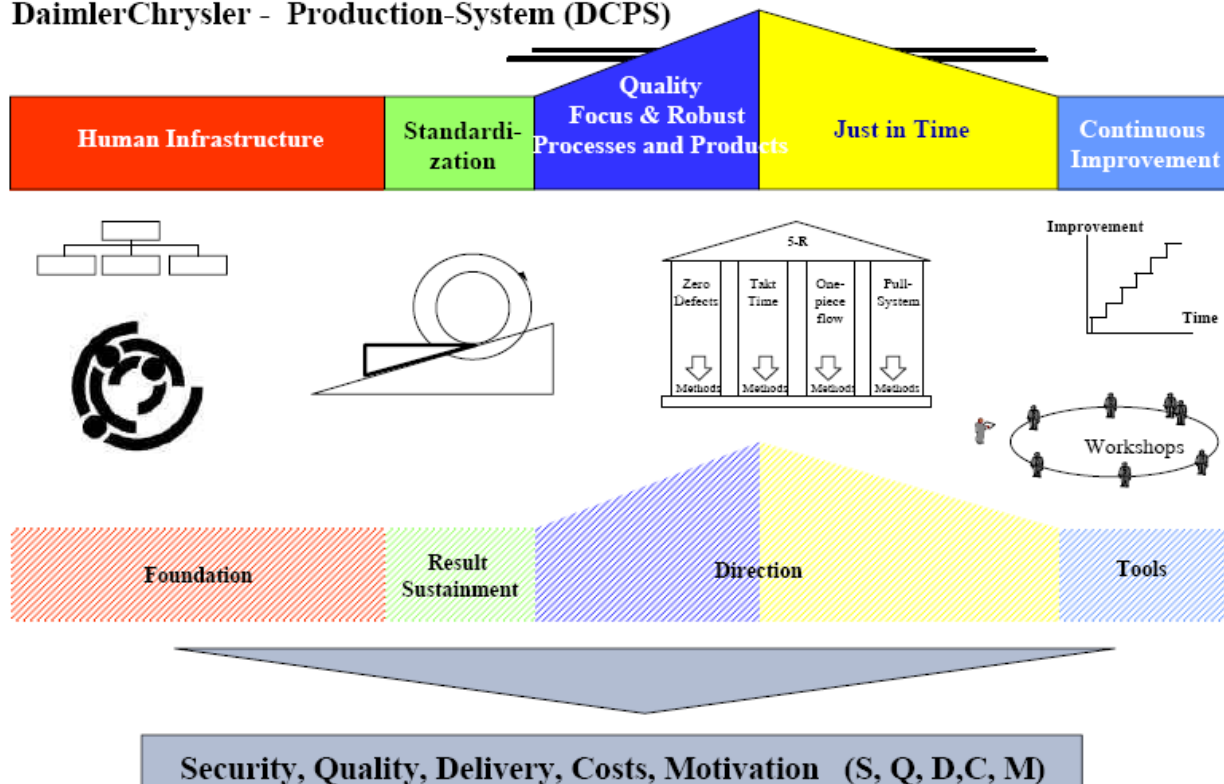
سیستم تولید مرسدس بنز بر مبنای اصول تولید ناب پایه گذاری شده است. در واقع سیستم تولید مرسدس بنز، مجموعه‌ای از روشها و اصول تولیدی مناسب تولید خودرو است که در قالب ۵ زیرسیستم، ۱۵ اصل عملکردی و ۹۲ روش، ارائه شده است. (شکل ۳-۲۰)



شکل ۳-۲۰: مدل مفهومی سیستم تولید بنز

۳,۱۰,۲,۱ جایگاه TPM در سیستم تولید بنز (شکل ۳-۲۱)

DaimlerChrysler - Production-System (DCPS)



شکل ۳-۲۱: جایگاه TPM در سیستم تولید بنز

در زیر سیستم کیفیت گرایی و مقاوم سازی رویه ها و فرآیندها

3. Quality Focus & Robust Processes and Products

3.2 Robust Processes & Products and Preventive Quality Assurance

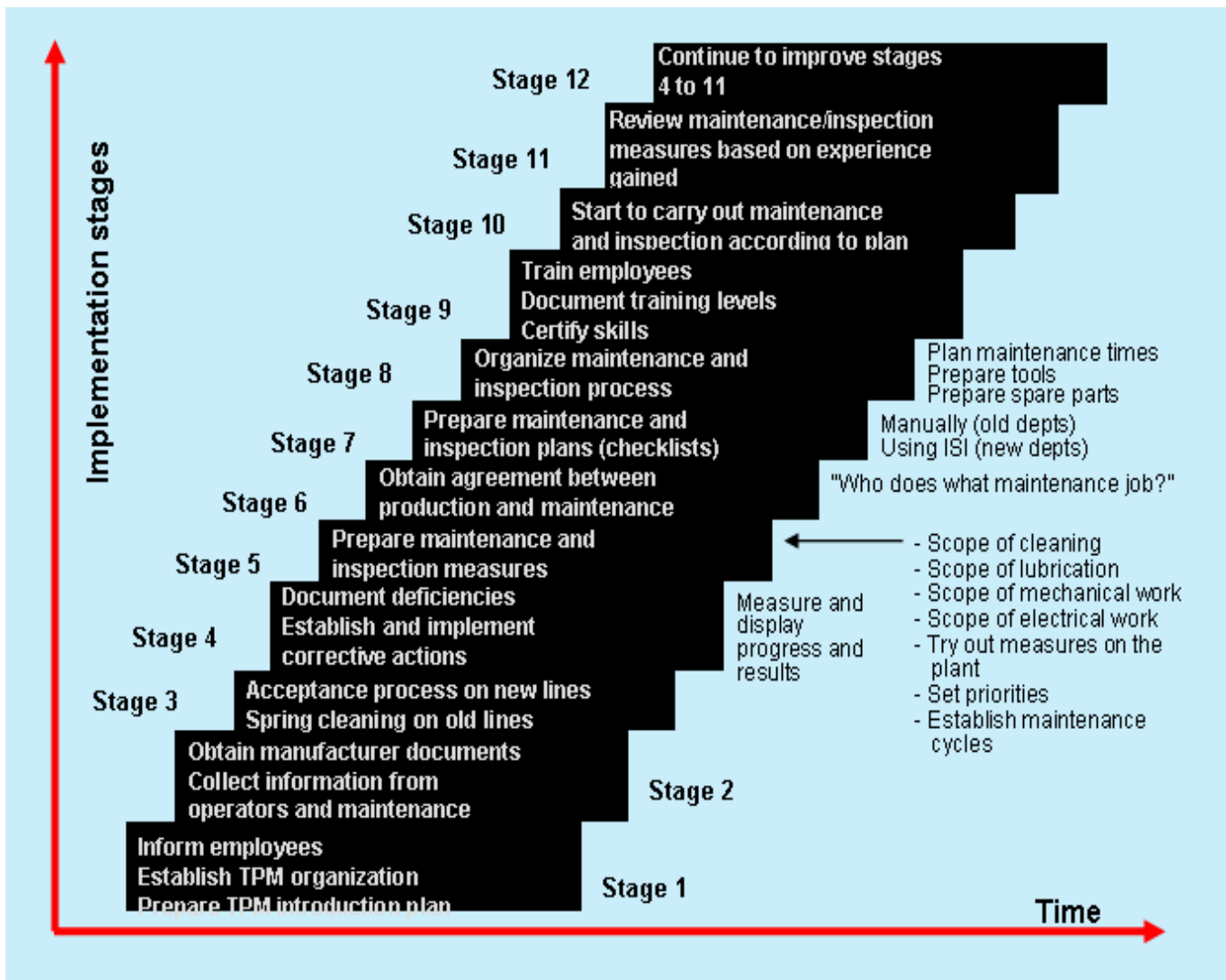
3.2.1 Total Productive Maintenance (TPM)

TPM بعنوان یکی از ۱۰ ابزار عملگرد شماره ۳,۲ تعریف شده است.

Quality Focus and Robust Processes and Products (3)	Quick Issue Detection & Correction (3.1)	Quality Feedback Loops on the Shop Floor
		Root Cause Analysis
		Boundary Samples
		Quality Alert System/Q-Stop/Ma. Stop
		Quality Alerts/Prod. Info. Boards
		Approval for Series Production
	Robust Processes & Products and Preventive Quality Assurance (3.2)	Total Productive Maintenance
		Error Proofing
		Mistake Proofing
		SPC
		Certification/Audit
		Process Audit
		Single Point Lesson
		Problem Solving Process
		Process FMEA
		Monitoring of Test Equipment
	Customer Focus (Internal & External) (3.3)	Quality Agreements
		Customer Quality Measurement Method

۳,۲,۳ اهداف TPM در سیستم تولید بنز:

- تمرکز روی رسیدن به بالاترین قابلیت تولید، کمترین خرابیهای غیر قابل پیش بینی، کاهش هزینه نگهداری و تولید تکرارپذیر همچون:
 - عملکرد ایمن تجهیزات
 - توانایی تولید همیشگی (عدم توقف تولید، ناشی از خرابی تجهیزات)
 - قابلیت بالای تولید (عدم انحراف از کیفیت قابل قبول)
- ایجاد برنامه نگهداری برای تمام تجهیزات بر اساس توصیه های کارخانه سازنده و تجربه
- نگهداری یک وظیفه گروهی است
- درگیر کردن اپراتورها در نگهداری
- اپراتورها برنامه نگهداری را بعنوان یک سند کاری استاندارد به کار می برند



نمودار ۳-۱۲: برنامه و گامهای پیشنهادی سیستم تولید بنز جهت برپاسازی TPM

فصل چهارم

نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان

Reliability Centered Maintenance

۴,۱ تاریخچه RCM

ریشه RCM به سال های قبل از ۱۹۶۰ برمیگردد ، زمانیکه شرکت های هواپیمایی تجاری تصمیم به خرید هواپیمای غول پیکر بوینگ ۷۴۷ گرفتند. در آن زمان ، براساس تجارب گذشته ، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه براساس زمان (TBM) مورد اجرا قرار می گرفت. در آن زمان عقیده بر این بود که تجهیزات براساس مدت زمان کارکرد فرسوده میگردند و به همین علت سرویس های نت برای دوره های ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساعت برنامه ریزی و اجرا میگردید.

اما مشکل موجود در ارتباط با هواپیمای بوینگ ۷۴۷ ، تعداد دفعات سرویس تعیین شده توسط اتحادیه بود که سه دوره زمانی بیشتر از هواپیمای ۷۰۷ را شامل میگردید. این به معنی بیشتر شدن زمان نت ، افزایش زمان توقف هواپیما و کاهش زمان پرواز هواپیما بود. آشکار بود که رویکرد سنتی خطوط هواپیمایی جهت نگهداری و تعمیرات برای جت های غول پیکری همچون بوینگ ۷۴۷ از نظر اقتصادی بصره نبود .

این موضوع علت پیش قدم شدن خطوط هوایی آمریکا برای بازنگری مفاهیم نت پیشگیرانه و تعیین اقتصادی ترین استراتژی با درنظر گرفتن مسایل ایمنی بوده و نتیجه آن نیز معرفی فرآیندی بود که حالا آنرا با نام RCM می شناسیم و به صورت کاملا موفقیت آمیزی بر روی هواپیمای بوینگ ۷۴۷ و همه هواپیماهای جت بعد از آن اجرا گردید.

شرکت هواپیمایی بوینگ پیشگام در اجرای RCM بود. سایر خطوط هواپیمایی همچون خریداران ۷۴۷ نیز به همکاری در این زمینه و اجرای RCM تمایل نشان دادند. اما شرکت بوینگ و متحدانش، RCM را در جهت جلب رضایت ناظران اتحادیه توسعه داده بودند.

۴,۲ RCM چیست؟

RCM فرآیندی است که:

اولا معین می کند چه کاری می بایست برای تداوم عمر هر گونه سرمایه فیزیکی انجام شود. ثانيا انتظاراتی را که کاربران از تجهیزات دارند، ضمانت و عملی نماید.

RCM یک روش مهندسی در جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت های نت و مکانیزم خرابی ها بکمک یک ساختار منطقی می باشد. هدف RCM دست یابی به قابلیت اطمینان مورد نظر (متناسب با میزان هزینه) به وسیله انجام آیتم های ضروری (و نه بیشتر) می باشد. RCM فرآیندی است که تعیین می کند چه کارهایی باید انجام شود تا این اطمینان حاصل گردد که یک ماشین وظایف خود را به درستی انجام خواهد داد .

۴,۳ تعریف RCM براساس استاندارد

در استاندارد IEC60300-3-11 (IEC 1999) فعالیت RCM اینچنین تعریف شده است:

روشی سیستماتیک برای تشخیص وظایف نت پیشگیرانه موثر و جامع برای اقلام و اجزاء مطابق با مجموعه ای از فرآیندهای خاص بمنظور ایجاد تناوب هایی بین وظایف نت

۴,۴ فعالیتهای استاندارد در RCM

❖ Condition Based Maintenance

❖ Time Based Maintenance

❖ Usage Based Maintenance

❖ Time and Usage Discard

❖ Run-To-Failure

❖ Failure Finding Test

❖ Built-in redundancy

❖ Redesign

۴,۵ نتایج اجرای درست RCM

- اگر فرآیند RCM به درست پیاده سازی و اجرا شود باید به ۷ سوال زیر پاسخ دهد.
۱. کارکردها و استانداردهای اجرایی یک تجهیز در شرایط عملیاتی چیست؟
 ۲. علائم از کارافتادگی که موید عدم کارکرد استاندارد دستگاه است چیست؟
 ۳. چه عواملی موجب ایجاد هریک از شکست های کارکردی می شوند؟
 ۴. زمانیکه هر حالت از کارافتادگی رخ می دهد چه اتفاقی ممکن است رخ دهد؟
 ۵. پیامدهای ناهنجار اساسی حاصل از وقوع حالت های شکست چیست؟
 ۶. چه کاری را میتوان برای جلوگیری از حالات شکست انجام داد؟
 ۷. در صورت عدم امکان استفاده از تکنیک های معمول نت، چه کارهایی میتوانیم انجام دهیم؟

۴,۶ اهداف RCM

- شناخت وظایف موثر نت
- ارزیابی این وظایف با آنالیز منافع- هزینه (Cost-Benefit)
- تهیه برنامه ای برای انجام وظایف شناخته شده نت در تناوب های مطلوب

۴,۷ ساختار فرآیندی RCM

فرآیند آنالیز RCM در منابع مختلف دارای گامهای متفاوت بین ۹ تا ۱۲ گام اساسی است که در اینجا ۱۲ گام به شرح زیر تشریح می گردد.

۱. مطالعات مقدماتی
 - ۱,۱. حوادث و صدمات انسانی
 - ۱,۲. اثرات منفی بر سلامتی
 - ۱,۳. آسیب زیست محیطی
 - ۱,۴. هدر روی اثربخشی سیستم (مانند تاخیر، هدر روی تولید)
 - ۱,۵. آسیب به تجهیزات یا هدر روی مواد اولیه
 - ۱,۶. کاهش سهم بازار
۲. انتخاب و تعریف سیستم
 - ۲,۱. تعیین سطح آنالیز در سطوح سیستم، زیر سیستم و دسته هایی منطقی از سیستمها که باهم کار میکنند
 - ۲,۲. تعیین سیستمهایی که آنالیز RCM برای آنها سود مند است
 ۳. آنالیز خرابی کارکردی (FFA^{۴۰})
 - ۳,۱. شناخت و تشریح کارکردهای مورد نیاز سیستم
 - ۳,۲. تشریح سطوح ورودی مشترک لازم برای اینکه سیستم کار کند
 - ۳,۳. شناخت روش هایی که ممکن است باعث شوند عملکرد سیستم دچار خرابی شود
 - ۳,۳,۱. تعیین کارکردهای ضروری
 - ۳,۳,۲. تعیین کارکردهای جانبی
 - ۳,۳,۳. تعیین کارکردهای حفاظتی

- ۳,۳,۴. تعیین کارکردهای اطلاعاتی
- ۳,۳,۵. تعیین کارکردهای ارتباطی
- ۳,۳,۶. تعیین کارکردهای زائد
- ۳,۴. ترسیم دیاگرام کارکرد بلوکی
- ۳,۵. تعیین خرابی های کارکردی
- ۳,۵,۱. اتلاف کلی کارکرد
- ۳,۵,۲. اتلاف بخشی از کارکرد
- ۳,۵,۳. کارکرد اشتباهی
- ۴. انتخاب آیتم بحرانی
- ۵. داده برداری و آنالیز
- ۵,۱. داده های طراحی
- ۵,۲. داده های خرابی و بهره برداری
- ۵,۳. داده های قابلیت اطمینان
- ۶. آنالیز حالت‌های خرابی، اثرات و بحرانیّت (FMECA^{۴۱})
- ۷. انتخاب فعالیت های نت
- ۷,۱. پیشگیری از خرابی
- ۷,۲. کشف خرابی در آغاز آن
- ۷,۳. یافتن خرابی پنهان
- ۸. تعیین تناوب های نت
- ۹. آنالیز مقایسه ای نت پیشگیرانه
- ۱۰. علاج آیتم های غیر بحرانی
- ۱۱. اجرا
- ۱۲. جمع آوری داده ها در سرویس^{۴۲} و بروز رسانی آنها

۴,۸ مزایای RCM

- ✓ توسعه برنامه های نت با کیفیت بالا در زمانی کم و با هزینه ای پایین.
- ✓ دردسترس بودن تاریخچه نت هر سیستم در مورد حالت های شکست و درجه بحرانی بودن قطعاتش.
- ✓ اطمینان دهی از اینکه تمامی قطعات مهم نت و حالت های شکست و درجه بحرانی بودنشان در توسعه نیازمندی های نت مورد توجه قرار گرفته اند.
- ✓ افزایش این احتمال که سطح و حجم نیازمندی های نت به شکلی بهینه تعیین شده است.
- ✓ پایه ای برای تبادل اطلاعات روزمره بین مهندسان و مدیران، حتی در سازمان هایی که از پراکندگی بالایی برخوردارند.

۴,۹ معایب RCM

- ✓ قابلیت اطمینان % 100 بشدت پرخرج ، مشکل برای دست یابی و لزوما پاسخ صحیح نمیباشد.

^{۴۱} Failure Modes, Effects, And Criticality Analysis

^{۴۲} In- service data

✓ RCM قابل درک برای نرم افزار نیست. البته نرم افزارهایی در این رابطه طراحی گردیده است که نیاز به بررسی بیشتر دارد.

✓ شروع استفاده از RCM مشکل بوده و به آرامی نت را از TBM به CBM سوق می دهد

✓ تعداد شرکت هایی که توانستند به موفقیت های قابل توجه ای در مقایسه با هزینه و امکانات تخصیص داده شده برای آن دست یابند، محدود میباشد.

۴,۱۰ مقایسه RCM و TPM

۱-خاستگاه:

TPM: (کشور ژاپن) مشرق زمین

RCM: (کشور انگلستان) مغرب زمین

۲-توسعه داده شده توسط:

TPM: آقای سی ایچی ناکاجیما

RCM: آقای جان موبرای

۳-عمده ترین مشاور اولیه این سیستم:

TPM: (JIPM) انستیتو نگهداری و تعمیرات کارخانجات ژاپن

RCM: Aladdon

۴-ابزار یا روش اندازه گیری عملکرد سیستم:

TPM: ضریب اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)

RCM: برای هر جزء شاخص MTBF

۵-هدف نت:

TPM: دست یابی به توقفات غیربرنامه ای صفر

RCM: کاهش توالی خرابی ها تا سطح مورد پذیرش کاربر

۶-راهکار اولیه:

TPM: برقرار کردن شرایط اولیه تجهیزات

RCM: مشخص کردن عملکرد (وظیفه) و حالات خرابی

۷-روش اجرا:

TPM: (Top-Down) روش از بالا به پایین سازمان

RCM: (Bottom-Up) روش از پایین به بالای سازمان

۸-مفهوم بهبود:

TPM: اعتقاد به بهبود مستمر

RCM: تفکر نت قبل از طراحی مجدد

۹-باور عمومی:

TPM: نت کاران به اپراتورهای تولید آموزش می دهند.

RCM: حالاتی وجود دارد که اپراتورهای دستگاه به نت کاران آموزش می دهند

۱۰-امکان ترکیب:

TPM: بلی RCM روش TPM را کامل می کند.

RCM: خیر (بدون توضیح از طرف نویسنده!)

۱۱-هدف کلی نت:

TPM: پیشگیری از نیاز به نت (Maintenance Prevention)

RCM: نت پیش اقدام (Proactive Maintenance)

فصل پنجم

نگهداری و تعمیرات بر پایه تجارت

Business Centered Maintenance

۵,۱ تاریخچه نگهداری بر پایه تجارت

نگهداری و تعمیرات بر پایه تجارت (BCM) اولین بار در سال ۲۰۰۱ میلادی و توسط شرکت Growth Con International(Pty)Ltd از کشور آفریقای جنوبی معرفی گردید و هم اکنون بعنوان یک روش شناخته شده جهت اجرای بهینه سیستم نگهداری و تعمیرات مورد استفاده صنایع قرار میگیرد .
سیستم BCM یک سیستم جدید نبوده بلکه نمونه ارتقاء یافته ای از سیستم TPM میباشد که براساس ساختار RCM تکمیل گردیده است .

۵,۲ ارکان BCM

شکل ۵-۱ ارکان هفتگانه سیستم نت بر پایه تجارت BUSINESS CENTERED MAINTENANCE اشاره دارد. سیستم BCM یک سیستم ترکیبی است که براساس چرخه SDCA کلیه نیازهای صنایع در باب نگهداری و تعمیرات را برآورده می نماید.

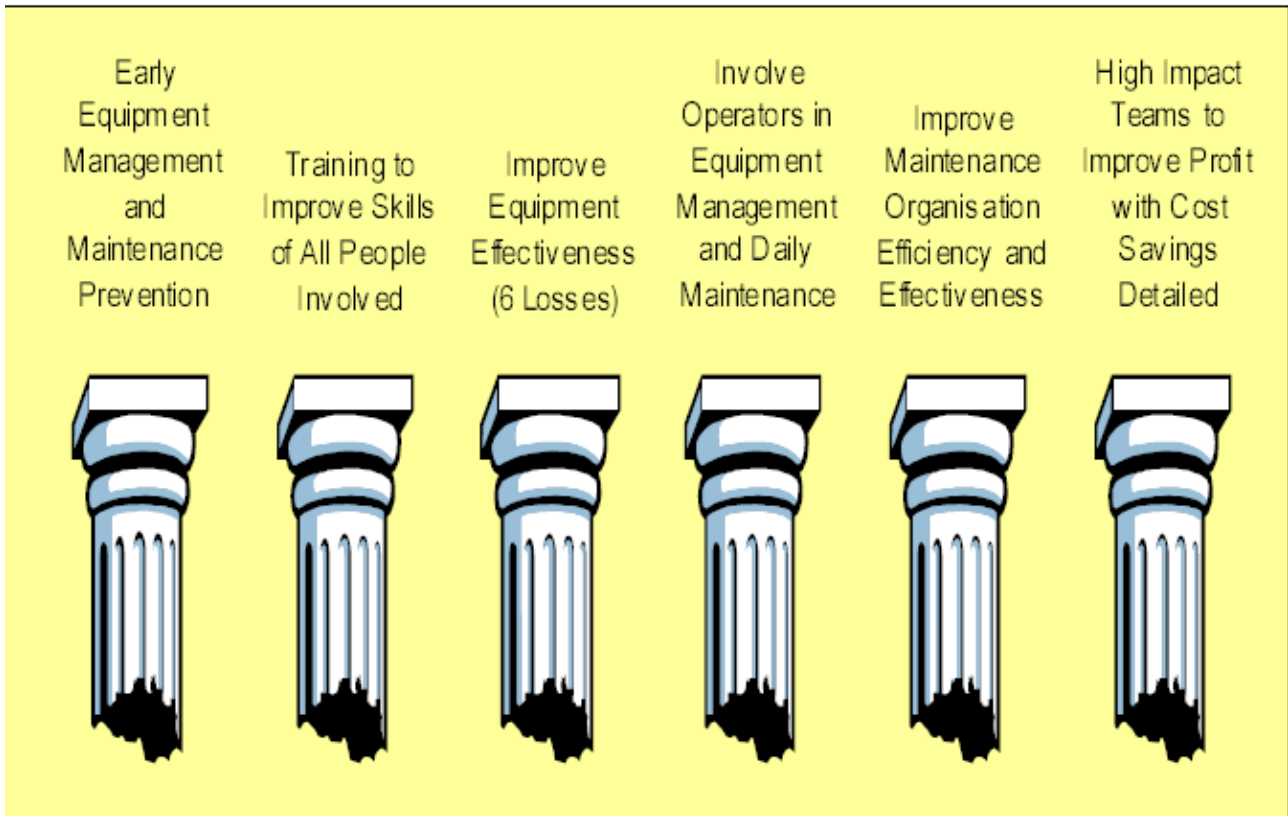


شکل ۵-۱: ارکان هفت گانه سیستم نت بر پایه تجارت

۵,۳ اصول BCM

- ۱- مدیریت زود هنگام بر تجهیزات (پیشگیری از نیاز به نت)
- ۲- آموزش عمومی جهت بهبود مهارتها
- ۳- ارتقاء سطح اثربخشی کلی تجهیزات (حذف شش ضایعه بزرگ)
- ۴- ترغیب نمودن اپراتورها در اجرای بخشی از برنامه های نت
- ۵- افزایش میزان راندمان و کارائی تشکیلات نگهداری و تعمیرات
- ۶- ادغام گروههای کاری (نت، تولید ، مهندسی) جهت افزایش میزان اثربخشی نیروهای انسانی و کاهش هزینه ها

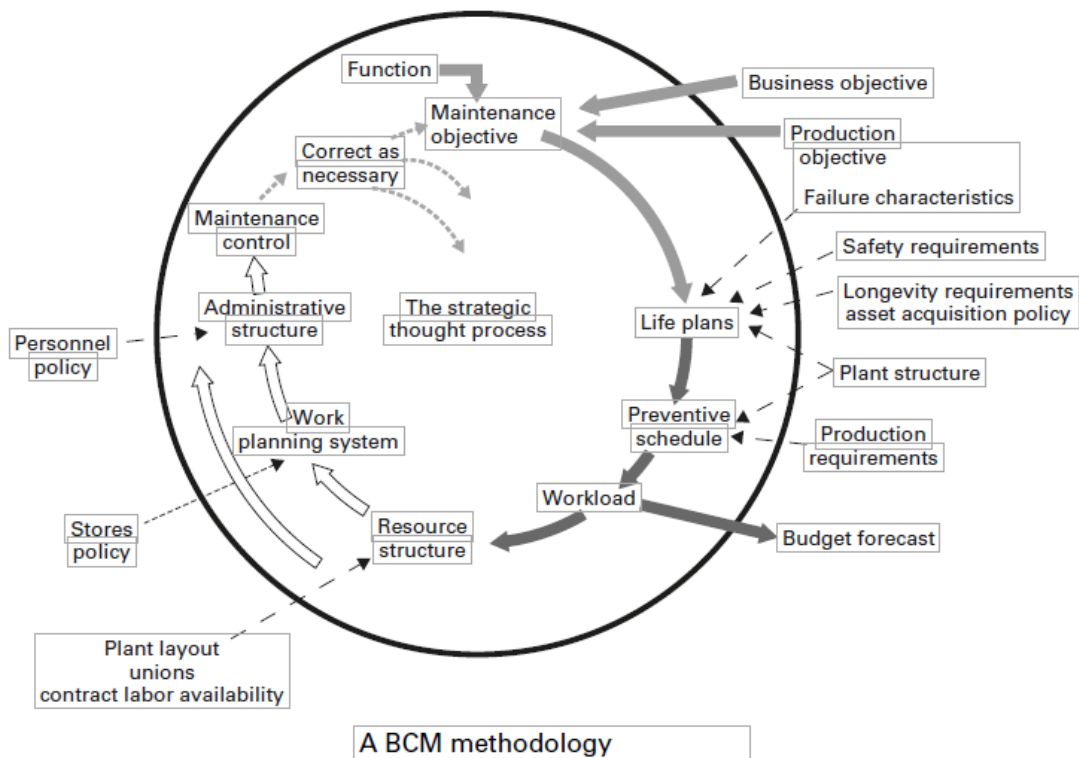
6 Pillars of Business Centred Maintenance



شکل ۵-۲: نمودار مفهومی BCM

۵,۴ سیستم BCM

A business-centered approach to maintenance systems



هدف اصلی طراحان سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات برپایه تجارت (BCMM) اجرای اقتصادی ترین سیستم نت با توجه به شرایط بازار رقابتی امروز و اهداف مالی شرکتها بوده و لذا در این سیستم مباحث گوناگون نت گنجانده شده است.

ویژگیهای سیستم BCMM عبارتند از :

۱- چرخه نت در BCM :

گردش کار فعالیتهای نت در این سیستم براساس چرخه SDCA بوده و در انتخاب نرم افزار نگهداری و تعمیرات (CMMS) نیز این موضوع میبایست مدنظر قرار گیرد.

جهت تدوین استانداردهای نت در شرکتی که هم اکنون دارای برنامه PM میباشد نیاز است که برنامه های فعلی با استفاده از چرخه CAPD مورد بازنگری قرار گیرد.

۲- اجزاء سیستم BCM :

اجزاء سیستم BCM با استفاده از اصول هشتگانه ویرایش سوم TPM و سیستم "نت مبتنی بر قابلیت اطمینان" (RCM) مشخص گردیده که به شرح زیر میباشد :

• **تقسیم وظایف اجرای برنامه ها :** تقسیم وظایف اجرای برنامه ها مطابق سیستم TPM انجام میگردد

• **اجزاء برنامه نت :** برنامه نت هر ماشین براساس این سؤال که "اگر انجام نگیرد چه پیامدی بدنبال خواهد داشت

"تقسیم بندی گردیده و در گروههای «نت واکنشی - انجام بعد از وقوع خرابی» ، «نت پیشگیرانه - برنامه های دوره

ای براساس زمان» و «نت پیشگویانه - برنامه های براساس شرایط کارکرد اجزاء ماشین» قرار میگردد

۳- روش استقرار سیستم BCM :

• سیستم BCM نسخه تکامل یافته سیستم نت بهره ور فراگیر (TPM) بوده و براین اساس مراحل استقرار آن

براساس گامهای دوازده گانه استقرار TPM بنا نهاده شده است .

• مدت زمان پیش بینی شده جهت استقرار سیستم برای یک شرکت متوسط ۱۸ ماه و حداقل زمان جهت دستیابی

کامل به ۲۳ شاخص استاندارد آن ، سه سال در نظر گرفته شده است .

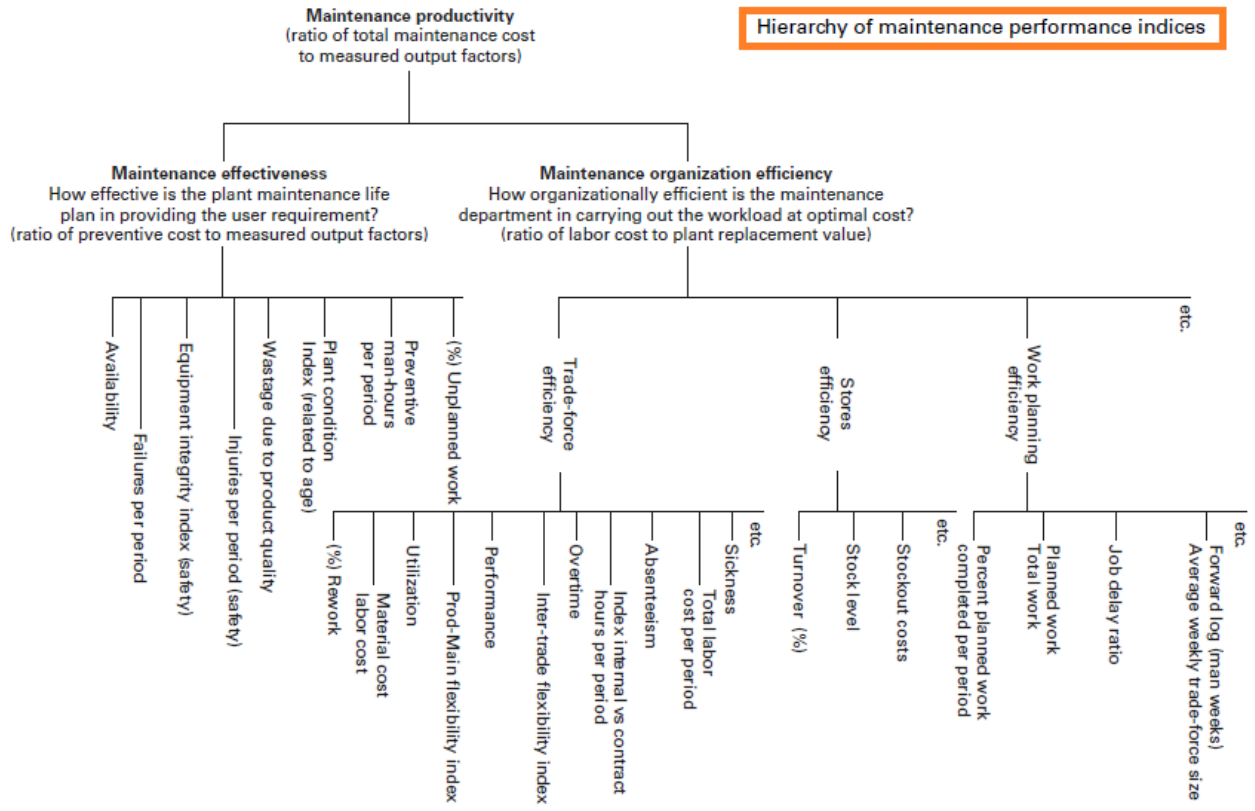
• ۲۳ شاخص تعریف شده ، قبل از شروع به استقرار سیستم محاسبه گردیده و ثمرات حاصل از اجرای سیستم براساس

شاخصهای مذکور در تناوبهای ماهیانه مورد ارزیابی قرار میگردد.

Examples of BCM Effectiveness from Companies who are Highly Productive

Category	Examples of BCM Effectiveness
P (Productivity)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Labour productivity increased ■ Value added per person increased ■ Rate of operation increased ■ Breakdowns reduced
Q (Quality)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Defects in process reduced ■ Defects reduced ■ Claims/complaints from clients reduced
C (Cost)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reduction in Manpower ■ Reduction in maintenance costs ■ Energy conserved
D (Delivery)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stock reduced (by days) ■ Inventory turnover increased
S (Safety/ Environment)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zero accidents ■ Zero pollution
M (Morale)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Increase in improvement ideas submitted ■ Small group meetings increased

Hierarchy of maintenance performance indices



پیوست یک

لیست برخی استانداردها و اسناد

مرتبط با مباحث نت

- بخشنامه ضوابط و ویژگی‌های سیستم تعمیر و نگهداری تأسیسات، تجهیزات و ماشین‌آلات به شماره ۱۹۰۳/۱۶۲۶۴۵ مورخ ۱۳۸۳/۹/۷ صادره توسط کمیسیون تخصصی اتوماسیون نظام اداری وابسته به شورای عالی اطلاع‌رسانی
- دستورالعمل خود ارزیابی و تدوین نقشه راه استقرار نظام مدیریت دارایی‌های فیزیکی صنعت نفت به شماره DEA-DSM -PAM-OOI ویرایش یک به تاریخ ۱۳۹۳/۵/۵ صادر شده توسط وزارت نفت

ISO 20815 (2008)

Petroleum, petrochemical and natural gas industries -- Production assurance and reliability management

ISO 17776 (2000)

Petroleum and natural gas industries -- Offshore production installations -- Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment

IEC TR 61508-0 (2005)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 0: Functional safety and IEC 61508 (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 61511-3 (2003)

Functional safety. Safety instrumented systems for the process industry sector. Framework, definitions, system, hardware and software requirements

IEC 61511-2 (2003)

Functional safety. Safety instrumented systems for the process industry sector. Framework, definitions, system, hardware and software requirements

IEC 61508-7 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 7: Overview of techniques and measure

IEC 61508-6 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3 (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 61508-5 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 61508-4 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 4: Definitions and abbreviations (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 61508-3 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 3: Software requirements (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 61508-2 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 61508-1 (2010)

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 1: General requirements (see Functional Safety and IEC 61508)

IEC 60300-3-11 (2009)

Dependability management - Part 3-11: Application guide - Reliability centred maintenance

DNV RP-G101 (2010)

Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment - DNV Recommended Practices

GUIDELINES FOR THE NAVAL AVIATION RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE PROCESS

IEC/FDIS 31010:2009(E)

Risk management -- Risk assessment techniques

ISO 14224:2006(E)

Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment

ISO 55000:2014(E)

Asset management -- Overview, principles and terminology

NFPA 70B-2013

Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance, 2013 Edition

AGA X01084

LNG Preventive Maintenance Guide

ANSI/NEMA KS 3-2010

Guidelines for Inspection and Preventive Maintenance of Switches Used in Commercial and Industrial Applications

NFPA 1915-2000

NFPA 1915: Standard for Fire Apparatus Preventive Maintenance Program, 2000 Edition

NEMA ICS 1.3:1986 (R2009)

Preventive Maintenance Of Industrial Control And Systems Equipment

پیوست دو

**لیست برخی از کتابها، نرم افزارها
و سایتهای مرتبط با نت**

- ۱- اثربخشی کلی تجهیزات، تالیف و ترجمه ناصر جلالی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۷
- ۲- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر، تالیف و ترجمه ناصر جلالی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۸
- ۳- برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات در بخش صنایع و خدمات، تالیف دکتر سید محمد سید حسینی، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی
- ۴- نگهداری و تعمیرات جامع بهره‌ور، ترجمه بهنام فرقانی، تالیف سازمان توسعه بهره‌وری آمریکا
- ۵- نت خود کنترلی، تالیف دردانه داوری، انتشارات انجمن مدیریت کیفیت ایران
- ۶- نگهداری بهره‌ور فراگیر، ترجمه سید حسن افتخاریان، سازمان مدیریت صنعتی
- ۷- استراتژی تعمیرات و نگهداری و قابلیت اطمینان، ترجمه دکتر محمد حسین سلیمی نمین، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۸- از نگهداری و تعمیرات پیشگرا تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر، تالیف فاطمه کاردان و دکتر محمد طالقانی، انتشارات عالی
- ۹- سازماندهی، برنامه ریزی و کنترل نگهداری و تعمیرات، ترجمه گروه مهندسی صنایع، تالیف وایت، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف
- ۱۰- مانیتورینگ وضعیت ماشین آلات، تالیف دکتر سیامک اسماعیل زاده و دکتر نسرین امید خواه و دکتر غلامحسین لیاقت، انتشارات دانشگاه گیلان
- ۱۱- طرح ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگویانه، تالیف دکتر شهرام گیلانی نیا، انتشارات کنیه گیل
- ۱۲- فعالیتهای گروه های کاری TPM، ترجمه مهندس فرهاد انوری و محمد تقی صمدی، تالیف موسسه نت ژاپن
- ۱۳- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر، ترجمه دکتر علی حاج شیر محمدی، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی
- ۱۴- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات، تالیف دکتر علی حاج شیر محمدی، انتشارات غزل
- ۱۵- مهندسی تعمیرات و نگهداری، تالیف دکتر نظام الدین فقیه، انتشارات نوید
- ۱۶- اصول نگهداری و تعمیرات(نت)، ترجمه مهندس قلیزاده، نشر طراح
- ۱۷- کنترل موثر منابع نگهداری و تعمیرات، ترجمه و تدوین موسسه آموزشی پژوهشی وزارت معادن و فلزات، نشر ذهن آویز
- ۱۸- مدیریت تعمیرات و نگهداری(بهره‌ور) از طریق تعمیر و نگهداری، ترجمه طرح و مطالعه و بهره‌وری در صنعت وزارت صنایع، تالیف پاتریک دگروت
- ۱۹- پیاده سازی موفق نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع در کارخانه های غیر ژاپنی، ترجمه مهندس کمال رشیدی نوین، تالیف ادوارد هارتمن ، انتشاران یکان
- ۲۰- آشنایی با نت بهره‌ور فراگیر، ترجمه دکتر فتاح میکاییلی، نشر ارکان دانش
- ۲۱- نگهداری و تعمیرات و رفع عیوب سیستمهای هیدرولیکی، ترجمه رویز بهگو، نشر طراح
- ۲۲- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات، تالیف دکتر نظام الدین فقیه و دکتر مرتضی باقرپور و سمانه حسنی، نشر سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)

- ۲۳- بهبود بهره وری از طریق نگهداری بهره و جامع ، ترجمه دکتر احمد عرب شمالی، انتشارات منشور بهرووری
- ۲۴- اصول جامع پیاده سازی مهندسی نگهداری و تعمیرات(نت)،تالیف مهندس بهرام حق بار، انتشارات فروش
- ۲۵- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان، ترجمه دکتر عالی زواشیکانی و رضا آزادگان، تالیف جان موبری، انتشارات آریانا

برخی نرم افزارهای خارجی نت

- ۱- ASP cmms
- ۲- Cogz
- ۳- Cwork
- ۴- Eam2go
- ۵- Free CMMS
- ۶- MA CMMS
- ۷- Maint Smart
- ۸- Maintenance Pro

نرم افزارهای ایرانی نت

- ۱- نرم افزار سی مینت ← شرکت بهینه پردازان سرآمد
- ۲- نرم افزار تیمار ← شرکت اندیشه پردازان سرآمد
- ۳- نرم افزار پایدار ← شرکت مهندسی مشاور بهبود سیستم
- ۴- نرم افزار سپنتا ← شرکت سبز داده افزار
- ۵- نرم افزار پارس نت ← شرکت پارس لن
- ۶- نرم افزار سام اینترپرایز ← شرکت پندار کیان
- ۷- نرم افزار سیستم نت ماشین آلات و تجهیزات ← شرکت رایورز
- ۸- نرم افزار IMPACT ← شرکت سنا
- ۹- نرم افزار نت جامع ← شرکت رازک پژوهشی
- ۱۰- نرم افزار TOPAZ ← شراکت رامپکو
- ۱۱- نرم افزار پرکاش ← شرکت داده پردازان احداث
- ۱۲- نرم افزار RMPM ← شرکت رای مهر

برخی سایتهای اینترنتی مرتبط با نت

- 1- www.mainyanceresources.com
- 2- www.maintenance-tips.com
- 3- www.maintenance-news.com
- 4- www.cmmcity.com
- 5- www.reliabilityweb.com

- 6- www.plant-maintenance.com
- 7- www.idcon.com
- 8- www.maintenanceworld.com

منابع

۱. دکتر فقیه، نظام الدین و دکتر باقر پور، مرتضی- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات-انتشارات سمت-۱۳۹۱
۲. عرب شمالی، احمد- بهبود بهره وری از طریق نگهداری بهره ور جامعه - انتشارات منشور بهره وری- ۱۳۸۰
۳. عرب شمالی، احمد- روشهای ارزیابی اجرای تعمیر و نگهداری تجهیزات (PM پیشرفته)- مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی
۴. جلالی، ناصر- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات- پرزنته دوره آموزشی www.irantpm.ir
۵. توکلی، حسین- نگهداری و تعمیرات جامع بهره ور (TPM)- اداره برنامه ریزی و کنترل تعمیرات شرکت سایپا
۶. نیلی پور طباطبائی، سید اکبر- طراحی مدل کاربردی ارزیابی متوازن عملکرد سیستم های نگهداری و تعمیرات
۷. کاظمی، غلامرضا- نت براساس قابلیت اطمینان- سایت آموزش نگهداری و تعمیرات
۸. رضوی، علیرضا- گزارش شناخت سیستم تولید بنز آلمان (سایت سواری سازی Stuttgart و اتوبوس سازی Mannheim)- معاونت کیفیت ایران خودرو دیزل- ۲۰۰۹
۹. کتاب راهنمای سیستم تولید رنو فرانسه SPR ، انتشارات مرکز آموزش ایران خودرو - ۱۳۸۵
۱۰. کاویانی، احمد- فرهنگ های نوین تعمیر و نگهداری و تکنیک های مورد استفاده در آن- انتشارات نصیر بصیر- ۱۳۹۱
۱۱. رستمیان، هوشنگ- نگهداری و تعمیرات بهره ور- انتشارات ترمه- ۱۳۸۹
۱۲. گل مکانی، حمیدرضا- مدیریت نگهداری و تعمیرات (مدل سازی و بهینه سازی)- انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر تفرش- ۱۳۸۸
۱۳. فرزادی، مهدی- استراتژیهای نگهداری و تعمیرات- انتشارات ادبستان- ۱۳۹۲
۱۴. سید حسینی، سید محمد- برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات در بخش صنایع و خدمات و مقدمه ای بر TPM- انتشارات سازمان مدیریت صنعتی- ۱۳۹۳
۱۵. سلامی، امیر مسعود- برنامه ریزی و سازماندهی نگهداری و تعمیرات- انتشارات صناعی شیرزادی- ۱۳۸۹
۱۶. قلیزاده، حسین- نگهداری و تعمیرات (نت، اصول مکانیکی)- انتشارات نشر طراح- ۱۳۹۳
۱۷. فدایی، مسلم- رویکردی مدرن به نگهداری و تعمیرات- انتشارات جهاد دانشگاهی- ۱۳۹۳
۱۸. سید حسینی، سید محمد- مدیریت سیستمهای نگهداری و تعمیرات ناب- انتشارات دانشگاه علم و صنعت- ۱۳۸۹
۱۹. موبری، جان- مترجم زواشکیانی، علی- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCMII)- انتشارات آریانا قلم- ۱۳۹۱

20. Business Centred Maintenance Management-Growthcon international (pty)Ltd-South Africa-2001

21. Mitiku Degu, Yonas and Srinivasa Morthy R.-Implementation of machinery failure mode and effect analysis in Amhara pipe factor P.L.C, Bahir Dar, Ethiopia-America Journal Of Engineering Research, Volume-03, Issue-01, pp-57-63, 2014

22. ISO 55000, ASSET MANAGEMENT-OVERVIEW, Principles and terminology- first edition, 2014

23. Measuring the True Value of Maintenance Activities- The Maintenance Excellence Institute- www.pride-in-maintenance.com
24. RCM Handbook, Reliability Centered Sentence handbook, Naval Sea System come,US Department of Defense, Washington DC 20301, 1983
25. IEC/FDIS 31010:2009(E) - Risk Management- Risk assessment techniques
26. Marcelo A. oliveira-Maintenance Management Based on Organization Maturity Level- International Conference on Industrial Engineering and Operations Management-Pourtugal, 2012
27. RCM Guide- Reliability- Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment, NASA, 2006
28. ISO555000 Planning: A Guide to Getting Started, Cpperleaf, 2014Maintenance Management Set- University of Surret, Guildford, UK, 2006
29. Management Manual: Guidelines for the NAVAL AVIATION Reliability- Centered Maintenance Process, NAVAIR 00-25-403, 2003