



Optimizing & Increasing of Industries Orodutivity With Maintenance Planning Management of Industrial Machinery

Majid Khodadadi Payam Nour University – North Tehran Branch

Abstract :

With the growth of technology , control and physical asset managrment also improvement of their continuous performance to increase productivity is an ambiguous and essential necessity . Efficiency increasing can be done indifferent methods , i.e. changes in the performance of a small piece in the production process and optimal control . In the majority of organizathions , the most of the managers time spend the current activities while it is necessary to allocate more times for planning and control activities in order to increase productivity . one of the case is maintenance planning for industrial machinery and equipment . in this paper , the effect of the application of maintenance program on output of manufacturing and servicing organizations first , definitions are presented in the following of the merits and disadvantages of different methods and finally the results of the study have been expressed .

Key words :Efficiency , Maintenance , Management



● مقدمه

در جهان صنعتی امروز، به تولید به عنوان یک سلاح رقابتی نگریسته می شود و سازمانهای تولیدی در محیطی قرار گرفته اند که از ویژگیهای آن می توان به افزایش فشارهای رقابتی، تنوع در محصولات، تغییر در انتظارات اجتماعی و افزایش سطح توقع مشتریان اشاره کرد. محصولات در حالی که باید بسیار کیفی باشند، تنها زمان کوتاهی در بازار می مانند و باید جای خود را به محصولاتی بدهند که با آخرین ذائقه، سلیقه و یا نیاز مشتریان سازگار هستند. بی توجهی به خواست مشتری و یا قصور در تحویل به موقع ممکن است بسیار گران تمام شود. شرایط فوق سبب گردیده تا موضوع مدیریت بهره وری برای سازمانهای تولیدی از اهمیت زیادی برخوردار شود. از طرف دیگر، آخرین بررسیها حاکی از آن است که استراتژی رقابتی مبتنی بر بازار خود نیز به تدریج در حال گذر است و چشم انداز استراتژیک رقابت در آینده مبتنی بر منابع خواهد بود. به عبارت دیگر در حالی که شرکتها امروزه موفقیت را در تبعیت و استفاده درست از قوانین، فرصتها و شرایط دیکته شده توسط بازار می دانند، استراتژی مبتنی بر منابع بر این موضوع تاکید دارد که منفعت و موفقیت بیشتر با اتکا بر مزیتها و منابع منحصر به فرد و قابل اطمینان شرکت و سرمایه گذاری به منظور توسعه و حفاظت از آنها حاصل خواهد شد.

در این میان ماشین آلات و تجهیزات از جمله منابع تولیدی هستند که عملکرد آنها به طور مستقیم بر کمیت و کیفیت محصول و نتیجه کار تاثیر گذار خواهد بود.

وضعیت موجود در صنعت و ورود آن به عصر جدید؛ عصر فرا صنعتی؛ عصر اطلاعات؛ عصر فرا ملی و ارتباطات؛ نتیجه رشد و ارتقاء بهره وری است که نمونه های بارز آن استفاده بیشتر اتوماسیون و کاربرد رباتها در کنار سیستمهای



نوین مدیریتی می‌باشد. در سالهای اخیر افزایش بهره‌وری در سطح جهان ۴۵ برابر شده است که این افزایش معجزه‌آسا به طور عمده نتیجه بهبود در سیستمهای مدیریتی سازمانها و سیاستهای علمی تحقیقاتی و اقتصادی صحیح در کشورهای پیشرفته صنعتی بوده است. بیگمان رشد اقتصادی جوامع در گرو نرخ رشد بهره‌وری آنان است. مطالعات تجربی در کشورهای پیشرفته صنعتی نشان داده که اهمیت بهره‌وری در نتیجه توسعه سیستمهای نرم افزار مدیریتی بیش از مشارکت و افزایش کمی عوامل کار و سرمایه در جریان تولید بوده است.

افزایش بهره‌وری به اشکال مختلف می‌تواند صورت بگیرد که از آن جمله میتوان به تغییر در عملکرد یک قطعه کوچک در جریان تولید و کنترل بهینه آن در فرایند تولید نام برد. در بسیاری از سازمانها مدیران بیشتر وقت خود را متوجه انجام فعالیتهای جاری سازمان میکنند در حالی که لازم است وقت بیشتری را صرف برنامه ریزی؛ هدایت و کنترل فعالیتهای برای افزایش بهره‌وری کنند. در این میان یکی از موارد مورد نیاز جهت برنامه ریزی؛ برنامه ریزی سیستم نت جهت ماشین آلات و تجهیزات می‌باشد.

بیشتر دستگاههایی که امروزه به نحوی در امور تولیدی، خدماتی، تأسیساتی و یا سایر موارد به کار گرفته می‌شود، در زمانهایی از دوره عمر عملیاتی خود، دچار شکست و ازکارافتادگی می‌شوند و هر وقت ماشینی خراب شد به هر قیمتی تعمیرش می‌کنیم و آن را به چرخه تولید باز می‌گردانیم و در این راه از هیچ کوششی دریغ نمی‌کنیم.

تا وقتی تجهیزات خراب نشده اند لازم نیست نگران باشیم و لازم نیست بیهوده هزینه ای به سازمان تحمیل کنیم. که متأسفانه این روش (سعی و خطا) روش صحیح و مناسبی نیست و ثابت شده که پر هزینه ترین روش است. برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات و کاهش هزینه های مربوط مساله مهمی در اغلب واحدهای صنعتی است و عدم بهره گیری از روش های علمی در حل آن می تواند سود دهی و کیفیت محصول را تحت تاثیر مستقیم خود قرار دهد.



در نتیجه واحدهای صنعتی به فعالیتهای نگهداری و تعمیرات نیازمندند. از طرفی در سازمانهای بزرگ، سازماندهی کارا و اثربخش به فعالیتهای نت، نیازمند برخوردی از یک سیستم جامع و پویا است. دستگاهی که اطلاعات لازم را با کیفیتی قابل قبول و به هنگام دریافت کند و به طور مناسب واکنش نشان دهد. بدون شک با توسعه و پیشرفت فناوری اطلاعات، می توان انتظار داشت که این صنعت بتواند سازمانها را در امر برنامه ریزی و اجرای نت یاری رساند. این تحقیق با هدف تبیین موضوع فوق صورت گرفته است و سعی دارد تا نقش و تاثیر برنامه ریزی نت در وضعیت کنونی تولید و ساخت کالاها را به تصویر بکشد. اهمیت این بررسی از آنجا ناشی می شود که چند سالی است در کشور، افزایش تعداد واحدهای تولیدی و به تبع آن تحقق نسبی فضای رقابتی باعث گردیده تا توجه تولیدکنندگان و شرکتهای صنعتی به کیفیت محصولات، افزایش سهم بازار و مسئله صادرات معطوف گردد. از همین رو به نظر می رسد دانستن تحولات صورت گرفته در بخشهای تولیدی جوامع پیشرفته می تواند در تعیین و شناخت بهتر مسیری که سازمانهای تولیدی و صنعتی کشور برای ارتقای توان رقابتی خود باید طی کنند موثر واقع شود.

مبانی نظری

سهامداران صنایع از مدیران انتظار دارند تا با بهبود عملکرد و استفاده و مدیریت بهتر منابع در دسترس سازمان بهره برداری بیشتری از سرمایه های خود داشته باشند لذا مدیران صنایع استراتژی های را تدوین میکنند که بتوانند در سازمانهای خود با استفاده بهینه از منابع موجود در سازمان عملکرد سازمان را بهبود بخشند و در نتیجه آن به سود دهی بیشتر دست یابند از جمله این منابع ماشین آلات میباشد که میتوان با برنامه ریزی در نگهداری و تعمیرات آنها بهره وری در سازمان را افزایش دهند که یکی از این متدها برنامه ریزی نت ماشین آلات می باشد که ابزارهایی دارد :

۱. سازمان



عبارت است از کارخانجات و کارگاههای تولیدی و خدماتی (در صورت استفاده از ماشین آلات)

۲. ماشین آلات

ابزاری در بردارنده یک یا چند جز است که انرژی را برای انجام کار مطلوب به کار می‌گیرد . به عبارتی، هر

سامانه فیزیکی با ساختار سامان مند و ویژگی های عملیاتی را ماشین می نامند .

۳. برنامه ریزی نت

سرویس و بازدید از ماشین آلات به صورت دوره ای و منظم

۴. افزایش بهره‌وری :

بالا رفتن راندمان عملکرد ماشین آلات در خط تولید به صورت کاهش خواب ماشین آلات در زمان تولید و

همچنین کاهش تولید قطعات معیوب در خط تولید به دلیل ایراد در عملکرد تجهیزات در نظر گرفته شده است.

برنامه ریزی نت ماشین آلات نقش تعیین کننده ای در روند تولید محصولات در صنایع تولیدی و خدماتی از نظر

کیفی و کمی دارد.

هدف پژوهش و تحقیق :

✓ اصلی ترین هدف اجرای صحیح سیستم نت جهت بهینه کردن توانایی های ماشین آلات و دستگاه ها و تجهیزات

به منظور رسیدن به حداکثر ظرفیت عملیاتی و کاهش فرسایش و خرابی آنها و در نهایت افزایش بهره‌وری

است.

✓ از جمله اهداف سیستم نت به موارد ذیل نیز میتوان اشاره نمود :



- ✓ سرویس‌های ساده، منظم و ارزان در مقابل تعمیرات ناگهانی، پرهزینه و پر وقفه.
- ✓ توقف‌ها بیش از حد طولانی کاهش یافته، نیاز به تعمیرات و قطعات یدکی، از پیش مشخص گردیده و در صورت نیاز در انبار موجود خواهد بود
- ✓ افزایش میزان بازدهی، کیفیت عملکرد و کارایی ماشین‌آلات به وسیله انجام سرویس و تنظیمات منظم و برنامه‌ریزی شده.
- ✓ زمان میان‌دوره‌ای بین تعمیرات جامع افزایش خواهد یافت.
- ✓ دستگاه‌هایی که به‌طور منظم و صحیح مورد نگهداری و تعمیرات قرار می‌گیرند کمتر خراب می‌شوند.
- ✓ حجم کارهای نگهداری و تعمیرات به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌گردد تا به‌طور متعادل در سراسر طول سال انجام شود و تقاضا با دامنه بسیار متغیر در مورد نیروی انسانی کاهش یابد.

متدولوژی :

در این پژوهش در نظر داریم به مطالعه راهکارهای افزایش بهره‌وری سازمانها با مدیریت برنامه ریزی نت ماشین آلات پردازیم. در همین راستا تلاش شده است تا بر اساس مطالب و نتایج مطرح شده در مقالات و کتب علمی و همچنین مشاهدات میدانی تاثیر عملکرد ماشین آلات دو شرکت تولیدی مشابه که در شرکت "الف" سیستم برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات نت پیشگیرانه اجرا میشود و در شرکت "ب" این سیستم اجرا نشده است، به تاثیر اجرای سیستم برنامه ریزی نت ماشین آلات در افزایش بهره‌وری سازمانها پردازیم. نتیجه این پژوهش میتواند در شرکتها و کارگاههای تولیدی و خدماتی مورد بررسی و اجرا گردد.



در ابتدا به تعریف بهره‌وری که مبنای کار بیشتر از " کتاب بهره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمان " (شهنام طاهری) می باشد و سپس به ۵ استراتژی که افزایش بهره‌وری در سازمان را در بر میگیرد اشاره شده است .

با توجه به اینکه سازمانها به سمتی سوق پیدا میکنند که بهره‌وری منابع سازمان (نیروی انسانی ، ماشین آلات و...) را افزایش دهند عوامل تاثیر گذار بر روی ماشین آلات که یکی از منابع اولیه سازمانها هستند تجزیه و تحلیل شده است . یکی از این عوامل برنامه ریزی نت ماشین آلات است که در صورت اجرای صحیح به کاهش خرابی ماشین آلات در حین انجام فعالیت و افزایش بهره‌وری سازمان منجر میشود .

در بررسی عملکرد ماشین آلات شاخصهایی هم تعریف شده است که با در نظر گرفتن شاخصها در بازه های زمانی و مقایسه آنها میتوان به بهبود عملکرد ماشین الات افزود . بعد از بررسی شاخصها روشهایی برای بهبود ، تقویت و اصلاح المانهای مربوط به شاخص MTBF را ارایه می نماییم که باعث کاهش خرابی و خواب ماشین آلات شده و همچنین افزایش راندمان آنها را به دنبال دارد .

نتیجه افزایش راندمان ماشین الات در حین انجام وظیفه در اینجا یعنی همان مواد اولیه که از قبل استفاده میشد در حال حاضر نیز استفاده میشود اما با این تفاوت که با کاهش خرابی ماشین آلات ، بهره‌وری و راندمان نهایی سازمان افزایش داده شده است و این هدف ما برای انجام این پژوهش میباشد.

در واقع ما با انجام برنامه ریزی نت ماشین الات و بررسی دوره ای شاخصهای آن مصرف مواد اولیه (نهاده) را ثابت نگه داشته و افزایش ارایه محصول یا خدمات را خواهیم داشت . که این یکی از استراتژی هایی پنجگانه برای بهبود بهره‌برداری است و در سازمانهایی که دارای رهبران قوی و مدیریت عالی هستند به کار برده میشود .



پیشینه تحقیق :

آقای مهرداد حمیصیان و همکارانش در پژوهشی در بهمن ۱۳۹۶ به بررسی مدیریت عملکرد ماشین آلات ساخت ، پیمایش در پروژه های بزرگ عمرانی در شهر اصفهان پرداخته اند . آقایان امین اسکندر زاده ثابت و کامران ترکمن هم مشترکا به مدیریت عملکرد و هزینه ماشین آلات با بهره گیری از شاخصهای کلیدی اشاره کرده اند . در بررسی در سال ۱۳۹۴ به برنامه ریزی و نگهداری تعمیرات و ارایه یک روش علمی برای طرح و تدوین سیستم برنامه ریزی و نگهداری و تعمیرات صورت گرفته است . شادی سرایی هم در ۱۴۰۰ با نگاهی جامع به حوزه مدیریت بهره وری به مدیریت بهره وری و بهبود آن در سازمان اشاره نموده اند . مهرداد حمیصیان مجددا در خرداد ۱۴۰۱ با استفاده از مدل سازی مدیریت بهره وری ماشین آلات بر اساس رویکرد پویایی سیستم ، مهمترین عوامل موثر بر بهره وری ماشین آلات از جمله نحوه مدیریت ، عملکرد فنی ماشین آلات ، شرایط کارگاه ، نیروی انسانی و آموزش را مورد بررسی قرار داده اند . در سال ۲۰۱۷ میلادی در بررسی تحت عنوان مدل بلوغ مدیریت تولید نویسنده به ارایه مدلی در مورد بلوغ سازمانی برای مدیریت تولید به نام مدل مدل مدیریت بهره وری را ارایه می دهد و نویسنده هدف خود را ایجاد فرایندی برای پیاده سازی یکپارچه مفاهیم معاصر در مدیریت تولید برای افزایش بهره وری سازمانی بیان نموده است . در بهار ۱۳۹۹ ایمان زهره یی و علی محتشمی به ارایه یک روش جدید جهت انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات بر مبنای فرآیند تحلیل شبکه ای فازی و برنامه ریزی آرمانی چند انتخابی فازی پرداخته و روشی جدید برای انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات بر مبنای تحلیل شبکه فازی و برنامه آرمانی چند انتخابی فازی ارایه نمودند . در پژوهشی که در بهار ۱۴۰۱ توسط امیر عزیزی و محمد جواد ارشادی صورت گرفت یک رویکردی مدل سازی ترکیبی منطق فازی و



شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خرابی ماشین آلات به منظور افزایش بهره‌وری ارایه شد و در آن نشان داده شد که پیاده سازی شبکه عصبی - فازی و پیش بینی زمان خرابی ماشین آلات سبب کاهش مدت زمان و هزینه تعمیرات شده است. در پژوهشی تحت عنوان انتخاب سیاست بهینه سیستم نگهداری تعمیرات با استفاده از مدل AHP فازی توسط سید عباس صفوی و چند تن دیگر به بررسی و تعیین سیاست بهینه جهت استقرار نظام مدیریت نگهداری و تعمیرات پرداخت شده است و با شناسایی انواع مدل های تعمیر اصلاحی، نگهداشت زمان بندی شده و نگهداشت اقتضایی و تعریف دو سناریو برون سپاری و اجرا توسط سازمان مربوطه به بررسی نقاط قوت و ضعف پرداخته و سپس با بکار گیری منطق فازی پرسشنامه ای در این خصوص تدوین و نتایج حاصل ثبت و بررسی گردید.

تعاریف

➤ بهره‌وری^۱

بهره‌وری به معنای آن است که سازمان در قبال مقدار معینی از محصول به چه نسبتی از منابع تولیدی استفاده می‌کند. به بیان ساده تر بهره‌وری، ارتباط بین خروجی (به عنوان مثال کالاهای تولید شده) را به ورودی (به عنوان مثال مصرف منابع) در فرآیند تغییر شکل ورودی به خروجی (مثلاً تولید) تعریف می‌شود.

¹ . Productivity



در سال ۱۹۱۱، آلبرت آفتالیون در مقاله‌ای بهره‌وری را به مفهوم امروزی آن به کار برد.

تعریف سازمانی از بهره‌وری :

سازمان بین‌المللی کار در تولید محصولات مختلف اقدام چهار عامل سرمایه، زمین، کار و سازماندهی را ضروری میدانند. نسبت ترکیب این عوامل در محصولات، معیاری برای سنجش بهره‌وری است. اما آژانس بهره‌وری در اروپا، بهره‌وری را درجه‌ای استفاده‌ی مناسب، درست و موثر از هر یک از عوامل تولید معرفی می‌کند. براساس نظرات این سازمان، انسان می‌تواند کارهایش را هر روز بهتر از پیش انجام دهد و نتایج بهتری به دست آورد.

استراتژی‌های بهبود بهره‌وری^۲

با در نظر گرفتن نسبت خروجی به ورودی ۵ استراتژی زیر در خصوص مفهوم بهره‌وری به دست می‌آید:

- هم ورودی هم خروجی افزایش می‌یابند، اما افزایش ورودی کمتر از افزایش خروجی باشد.
- خروجی افزایش می‌یابد، در حالی که ورودی ثابت است.
- خروجی افزایش می‌یابد، در حالی که ورودی کاهش یافته است.
- خروجی ثابت می‌ماند، در حالی که ورودی کاهش یافته است.
- هم ورودی و هم خروجی کاهش می‌یابند، در حالی که کاهش خروجی کمتر از کاهش ورودی است.



ماهیت های مختلف بهره‌وری

مطالعات نشان می‌دهد بهره‌وری باید متفاوت از چهار واژه‌ی مشابه باشد:

۱. سودآوری

۲. اثربخشی

۳. عملکرد

۴. کارایی

سودآوری

از مهم‌ترین هدف‌های رشد یک کسب و کار سودآوری است. سودآوری به‌طور کلی یعنی نسبت میزان هزینه به میزان درآمد است. سوددهی به عنوان عملکرد مورد علاقه‌ی سرمایه‌گذاران است؛ در نتیجه بسیاری از محققان ادعا می‌کنند که استفاده از نسبت‌های پولی، به اقدامات بهره‌وری منجر خواهد شد. محققان ادعا می‌کنند که بهره‌وری شاخص مناسب‌تری برای نظارت در طولانی مدت است.

عملکرد

عملکرد واژه‌ای است که شامل تقریباً هر نوع هدف از قبیل هزینه، انعطاف‌پذیری، سرعت، اعتماد، اطمینان و کیفیت است و مفهوم متفاوتی با بهره‌وری دارد.

اثربخشی و کارایی



اثربخشی به معنای "انجام کارهای صحیح" و کارایی "انجام صحیح کارها" است.

محققان معتقد هستند که کارایی با استفاده از منابع و تاثیر نهاده بر بهره‌وری ارتباط دارد. کارایی در تولید را می‌توان به عنوان حداقل سطح منابع مشاهده کرد که به لحاظ تئوری برای اجرای عملیات مورد نیاز سیستم است. اما نگاه اثر بخشی به سمت خروجی‌ها و ستانده‌هاست.

سطوح بهره‌وری

بهره‌وری دارای سطوح مختلف است. بهره‌وری از سطح فرد تا سطح جهانی فراگیر شده است.

۱. فردی :

منظور از بهره‌وری فردی استفاده از استعدادها و توانایی‌های فرد است. از دید منافع سازمان، ارتقای بهره‌وری و آموزش، یادگیری و رشد افراد موجب ارتقای بهره‌وری سازمانی می‌گردد.

۲. در خانه:

ارتقای بهره‌وری در خانه باعث پایین آمدن ضایعات، از بین رفتن اسراف و کیفیت زندگی بهتر در استفاده از مواهب می‌شود.

۳. بهره‌وری در سازمان:



استفاده بهینه و موثر و کارآمد از منابع، کاهش ضایعات، کاهش قیمت تمام شده، ارتقای رضایت مشتریان، افزایش علاقه و انگیزه کارکنان از سری نتایج بهبود بهره‌وری در سازمان است. به این گونه از سازمان‌ها، سازمان‌های یادگیرنده می‌گویند.

۴. سطح ملی:

افزایش بهره‌وری تنها راه توسعه اقتصادی کشورها می‌باشد که موجب ارتقای سطح رفاه زندگی یک ملت می‌گردد. برای مثال تحول کشورهای آلمان، چین، ژاپن از نتایج بهره‌وری در سطح ملی است.

عوامل موثر در بهره‌وری

عوامل خارجی: شامل سیستم‌هایی که برای جامعه تعیین می‌شود و ارزش‌های ملی، فرهنگی و اجتماعی جامعه می‌باشد.

عوامل داخلی: شامل ابزارها، تکنولوژی‌ها، ماشین‌ها، مواد، طراحی و... می‌باشد.

الف) عوامل داخلی موثر:

۱. عوامل سخت افزاری:

این عوامل به آسانی و در کوتاه مدت قابل تغییر نیستند و شامل محصولات، ماشین‌آلات، مواد خام و... هستند

- محصول: در بازار ارزش ارزش مصرف مبلغی است که مصرف کننده آمادگی دارد برای محصولی با

کیفیت مشخص بپردازد.



• ماشین آلات : به کارگیری ماشین آلات به دلیل دقت ، سرعت ، خستگی ناپذیری و توان بالا از عوامل موثر در بهره‌وری است . از جمله نکاتی که در استفاده از ماشین آلات باید در نظر داشت عبارتند از:

- تعمیرات خوب بر اساس نیاز
- بهره‌برداری از تجهیزات مورد نیاز
- کاهش زمان‌های از دست رفته و استفاده‌ی موثر از ماشین آلات
- افزایش ظرفیت و کارایی کارخانه
- توجه به شیوه‌ی بهره‌برداری

• کمیت و کیفیت مواد و انرژی :

درباره‌ی استفاده‌ی درست از مواد و انرژی برای افزایش بهره‌وری باید به نکات زیر توجه کرد:

- بهره‌گیری از مواد و انرژی کمتر از واحد محصول
- استفاده از ضایعات
- بالا بردن کیفیت مواد اولیه
- بهبود بخشیدن مدیریت



- افزایش منابع تامین کننده و عرضه مواد

۲. عوامل نرم افزاری:

این عوامل به آسانی قابل تغییرند و شامل عوامل زیر هستند:

- منابع انسانی : افرادی اعم از مهندس ، کارگر، مدیر و کارفرما در قالب انجمن و اتحادیه ها از موارد اصلی بهبود در بهره وری هستند.
- ساختار سازمانی : ساختارها بیانگر چگونگی توزیع قدرت در سازمان اند . رعایت اصول اولیه و شناخته شده ی مدیریت از ضرورت ها برای هر سازمانی است.

ب) عوامل خارجی بهره وری

- متغیرهای اقتصادی :
- مهم ترین تغییرات اقتصادی در الگوی اشتغال ، ترکیب سرمایه و تکنولوژی و رقابت شکل می گیرد.
- عوامل طبیعی :
- میزان ذخیره های نفتی، معدن ها و آب از مهم ترین عوامل در بهره وری اقتصادی هستند.
- کلیه ی مواردی که در بالا ذکر شد، هر کدام به نوبه ی خود باعث افزایش بهره وری خواهد شد . اما این وظیفه ی مدیر سازمان است که با مدیریت خود باعث پویایی و تکامل سازمان شود.



نگهداری و تعمیرات (نت)^۳

تعاریف

✓ مجموعه فعالیتها بر روی ماشین آلات یا سیستمهای تولیدی که منجر به نگهداری یا بازگرداندن شرایط

ماشین به شرایطی گردد که ماشین تحت آن، وظایف محوله را انجام دهد نت اطلاق می شود.

وظایف محوله به دستگاه عبارتند از:

۱. کار کردن

۲. قطعه معیوب تولید نکردن

۳. نرخ تولید قابل قبول

✓ کلیه فعالیتهایی که با هدف نگهداشتن ماشین آلات در سطح مشخصی از کارایی و با باز گرداندن به آن

سطح، انجام میشود.

اهمیت نت در دنیای امروز^۴

³ Maintenance

^۴. برنامه ریزی و نگهداری تجهیزات – امیر عباس نجفی



امروزه در دنیای صنعتی شاهد به وجود آمدن سیستمهای مختلفی در رابطه با موضوع « تجهیزات و ماشین آلات » هستیم .

هدف اصلی این سیستمها حفظ و نگهداری ، بهبود بهره برداری و به طور کلی بهره وری از ماشین آلات ، تجهیزات ، دستگاهها و تاسیسات هستند .

اما چرا اینقدر سرمایه های فیزیکی (ماشین آلات ، تجهیزات ، دستگاهها و تاسیسات) و حفظ و نگهداری از آنها برای سازمان مهم شده اند ؟

دو دلیل عمده توجه به نت در دنیای امروزه عبارتند از :

۱- گسترش سطح اتوماسیون و مکانیزاسیون در صنایع ، کauxانات و خدمات موجب رشد مقدار سرمایه گذاری در خرید این دستگاهها شده است .

۲- شرایط حاکم بر بازار تجاری (قیمت ، کیفیت ، رقابت ، تحویل به موقع ، ایمنی ، رفاه و رضایت مشتری) که موجب شده اند سازمانهای تولیدی به سمت سیستمهای مختلف تولید ، با روش تولید انبوه و ناب بروند و بنابراین نیاز به دستگاههایی دارند که در بهترین وضعیت راندمان کار کنند ، متوقف نشوند تا سازمان بتواند درست به موقع کالاها را تحویل مشتری دهند .

معایب ناشی از نداشتن سیستم نت

- عدم اطمینان به برنامه های تولید

- کاهش نرخ تولید ماشین آلات



- افزایش هزینه های ماشین آلات
- کاهش عمر ماشین آلات
- کاهش قیمت ماشین آلات در هنگام فروش
- کاهش ایمنی
- کاهش کیفیت محصولات تولیدی
- عدم وجود بستر لازم جهت اجرای برنامه های مهندسی صنایع

اهداف سیستم نت

- افزایش قابلیت اطمینان
- افزایش دسترس پذیری ماشین آلات
- افزایش عمر مفید ماشین آلات
- افزایش کیفیت محصولات تولیدی
- کاهش هزینه ها
- استفاده بهینه از منابع
- افزایش ایمنی
- و



نیازهای برنامه ریزی^۵

۱. تدوین برنامه های مناسب در جهت حفاظت از دارایی ها
۲. تامین امکانات لازم برای اعمال برنامه
۳. تهیه روشهای سیستماتیک برای سوابق از فعالیتهای انجام شده
۴. ایجاد کانالی برای ارتباطات با دیگر واحدها و بازنگری در سیاستها و خط مشی ها

استراتژیهای نت

- ✓ تعمیر پس از خرابی^۶ (BM)
- ✓ نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه^۷ (PM)
- ✓ نگهداری و تعمیرات پیشگویانه^۸ (PdM or CBM)
- ✓ نگهداری و تعمیرات پیش اقدامانه^۹ (MP)

تعمیر پس از خرابی

Breakdown Maintenance (BM) or Run to Failure

ویژگیها :

- تعمیرات به صورت اضطراری و بعد از وقوع خرابی صورت میپذیرد .
- احتمال وقوع خرابی های ثانویه

^۵. برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات – دکتر علی حاج شیر محمدی

^۶ Breakdown Maintenance or Run to Failure

^۷ Preventive Maintenance

^۸ Predictive Maintenance or Condition Based Maintenance

^۹ Proactive Maintenance or Maintenance Prevention



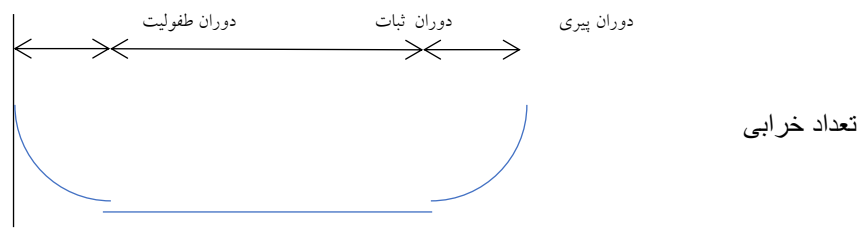
- بالا بودن ریسک ایمنی
 - تحمیل هزینه های بالا (هزینه تعمیرات و هزینه عدم تولید)
 - افزایش هزینه فعالیتهای خارج از وقت کاری
 - نیاز به سرمایه گذاری بر روی CBM و PM ندارد .
- تنها در مورد تجهیزات کم اهمیت و ارزان قیمت قابل توصیه است .

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

Preventive Maintenance (PM)

در این روش ، فعالیتهای تعمیراتی (سرویس ، بازدید ، کالیبراسیون ، روانکاری ، تنظیمات ، تعویض قطعات و . .) طبق برنامه ریزی و در فواصل زمانی از پیش تعیین شده ، انجام می شوند .

این روش بر این دیدگاه استوار است که ماشین آلات پس از مدتی کارکرد دچار پیری شده و می بایست با انجام فعالیت تعمیراتی به وضعیت " مانند نو " برگردانده شوند .





ویژگیها:

- ماشین‌آلاتی که هیچ‌گونه علائم خرابی در آنها دیده نشده نیز مورد تعمیرات قرار می‌گیرند.
- امکان ایجاد مشکل برای تجهیزات سالم (خطای نصب و...)
- هیچ تضمینی بر عدم وجود خرابی در فاصله زمانی میان دو PM وجود ندارد.
- مصرف قطعات یدکی افزایش می‌یابد.
- تعمیرات به صورت برنامه‌ریزی شده و کنترل شده صورت می‌پذیرد.
- خرابی‌های ناگهانی و فاجعه‌آمیز کاهش می‌یابد.
- امکان برنامه‌ریزی و کنترل موجودی قطعات یدکی فراهم می‌شود.
- هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تا حدی تحت کنترل در می‌آید.

فرایند کلی نت‌پیشگیرانه



به یک نمونه از چک لیستهایی که در شرکت الف اجرا شده است اشاره میشود:



تصاویر شماره یک و دو چک لیست واحد مکانیک برای یک نوار نقاله میباشد که به صورت هفتگی و سه ماهه تعریف و اجرا شده است.

همانطور که در تصاویر مشخص شده است این چک لیستها دارای ویژگی و اطلاعات منحصر به فردی برای هر تجهیز هستند:

- کد ثبت شده تجهیز یا ماشین
- فعالیتهای مورد نیاز
- مدت زمان اجرای این سرویس
- قطعات یدکی مصرف شده
- ایرادات دیده شده در حین سرویس
- فعالیت انجام شده
- ثبت نکات ایمنی و زیست محیطی مورد نیاز جهت این تجهیز



صفحه 2 از 2 صفحه		دستورالعمل سرویس هفتگی نوار 1 (واحد مکاتیک)			کد مدرک FA/CH-COI-006
ردیف	چک لیست	مطلوب	نامطلوب	توضیحات	تاریخ
1	گریسکاری پائتاقها				
2	چک کردن واسکازین گریسکها و کاسه نمدها				
3	عملکرد صحیح رولیکها و راهنماها				
4	عملکرد صحیح غلطکها				
5	صدای غیر عادی در حین کار				
6	احتیای زنجیر				
7	سالم بودن قفل زنجیر				
8	همراستای فولی موتور و کوپلیتک				
9					
10					
11					
12					
13					
14					
<p>نکات حفاظتی و ایمنی قبل از شروع به کار:</p> <p>1- اطمینان از قطع برق</p> <p>2- مراقب کابلها باشید.</p> <p>3- مواظب قطعات چرخنده باشید. (مثل تسمه ها)</p> <p>4- به نکاتی که احتمال خطر و آسیب به شما را دارد توجه کنید.</p>					
<p>نکات زیست محیطی:</p> <p>1- نشی را برطرف کرده و پاکسازی را به طور صحیح انجام دهید.</p> <p>2- در صورت تعمیر یا تعویض قطعات ، نسبت به تفکیک و دفع ضایعات اقدام نمائید.</p>					
تاریخ و ساعت شروع به حکم کار :			تاریخ و ساعت اتمام حکم کار :		
شرح خرابی رویت شده :					
شرح عملیات انجام شده :					
قطعات مصرفی :					
امضاء تعمیر کار :			امضاء تأیید کننده :		

تصویر شماره ۱ - چک لیست هفتگی تجهیزات نوار نقاله



Document Code: FA/CH-COI-003		کد مدرک	
دستورالعمل سرویس سه ماهه نوار 1 (واحد واحد مکانیک)			
ردیف	چک لیست	مطلوب	نامطلوب
1	روشن کار زنجیر و چرخ زنجیر ها		
2	فول بودن و عدم نشستی واسکازین گیربکسها		
3	آچار کشی پاتان نوار		
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
<p>نکات حفاظتی و ایمنی قبل از شروع به کار:</p> <p>1- اطمینان از قطع برق</p> <p>2- مراقب کابلها باشید .</p> <p>3- مواظب قطعات چرخنده باشید . (مثل تسمه ها)</p> <p>4- به نکاتی که احتمال خطر و آسیب به شما را دارد توجه کنید .</p>			
<p>نکات زیست محیطی:</p> <p>1- نشستی را برطرف کرده و پاکسازی را به طور صحیح انجام دهید .</p> <p>2- در صورت تعمیر یا تمویض قطعات ، نسبت به تفکیک و دفع ضایعات اقدام نمائید .</p>			
تاریخ و ساعت شروع به حکم کار:		تاریخ و ساعت اتمام حکم کار:	
شرح خرابی رویت شده:			
شرح عملیات انجام شده:			
قطعات مصرفی:			
امضاء تعمیر کار:		امضاء تأیید کننده:	

تصویر شماره ۲ - چک لیست سه ماهه تجهیزات نوار نقاله



برخی از این فعالیتها هم میتوانند به صورت مشترک با واحدهای دیگر باشد که میتوان به تست PT تجهیزات اشاره کرد که از نظر ایمنی نیز از اهمیت به سزایی برخوردار میباشد. (تصویر شماره ۳)

زمان بندی تست PT		
ردیف	دستگاه	پریود زمانی
1	قلاب جرثقیل	45 روز
2	دستک کناری پاتیل	45 روز
3	دستک پائینی پاتیل	3 ماه
4	قلاب دستک پائینی پاتیل	45 روز
5	دستک تاندیش	6 ماه
6	اندازه گیری ضخامت قلاب جرثقیل	45 روز
7	کالسکه ای حرکت دهنده پاتیل	12 ماه
8	دستک وان	45 روز
9	زنجیر قلابهای جرثقیل	6 ماه

واحد PM
مدیر فنی

واحد HSE

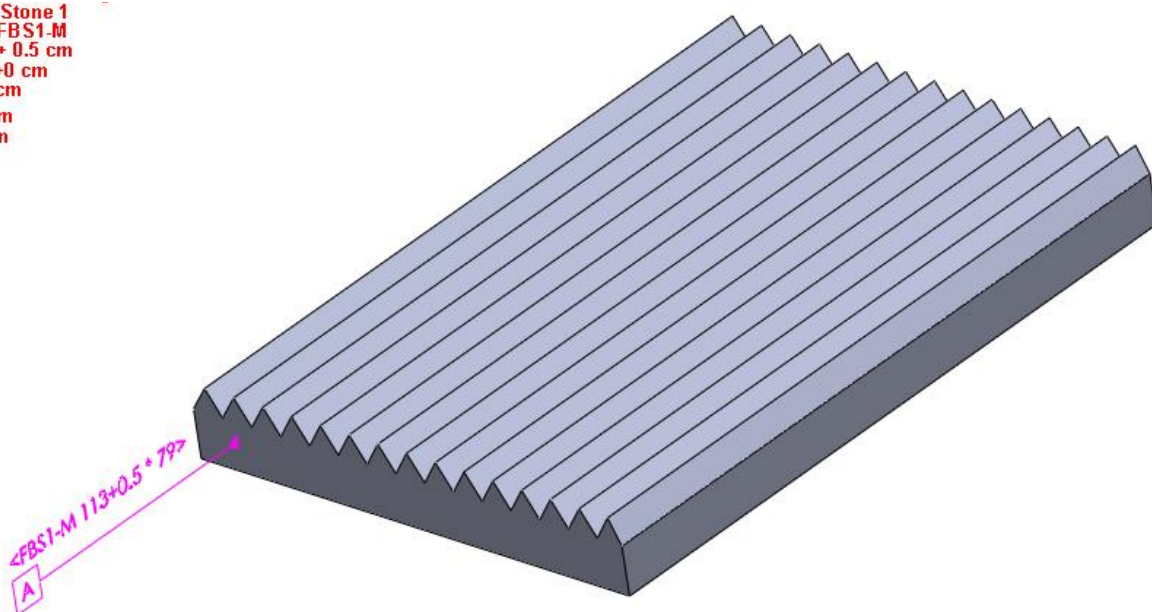
1. درخواست اسیره ها بر عهده واحد HSE میباشد.

2. تست توسط واحد PM با حضور مسئول واحد HSE صورت می پذیرد.



همچنین در این سیستم به تهیه شناسنامه تجهیزات و تهیه لیست قطعات یدکی و لوازم مصرفی و نقشه تجهیزاتی که نیاز به ساخت دارد پرداخته میشود (تصویر شماره ۳) که در این موارد هم اطلاعاتی از جمله مشخصات و کد تجهیز نیز ثبت می گردد .

Break Stone 1
Code: FBS1-M
L: 113+0.5 cm
W: 79+0 cm
H: 12 cm
A: 9 cm
h: 3 cm



تصویر شماره ۳ - نمونه نقشه شماتیک فک سنگ شکن موجود در شناسنامه تجهیز

نگهداری و تعمیرات پیشگویانه

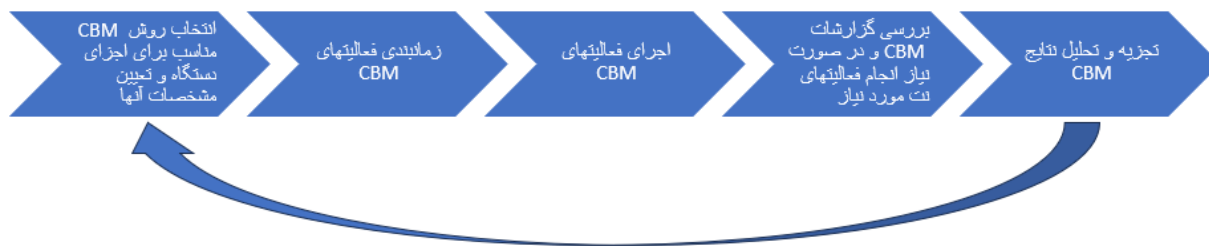
Predictive Maintenance (PdM) or Condition Based Maintenance (CBM)

ویژگیها :



- حداقل کردن احتمال وقوع خرابی
- جلوگیری از وقوع خرابی های ثانویه
- افزایش عمر کاری تجهیزات
- ایجاد امکان بهینه کردن انبار قطعات یدکی
- کاهش هزینه های کلی نگهداری و تعمیرات
- کاهش زمان خارج بودن تجهیز برای تعمیرات (کاهش هزینه عدم تولید)
- تعمیرات تنها هنگامی انجام می پذیرد که ضروری باشد .
- زمان انجام تعمیرات از قبل قابل پیش بینی بوده لذا برنامه ریزی را به شکل مناسبی می توان انجام داد .
- نیاز به سرمایه گذاری اولیه بالا دارد .
- نیاز به وجود تخصص در داخل شرکت دارد و باید در امر آموزش سرمایه گذاری قابل توجهی صورت پذیرد.
- نیاز به زمان و تلاش زیاد برای جمع آوری اطلاعات و داده های گوناگون دارد .

فرایند کلی نت پیشگویانه





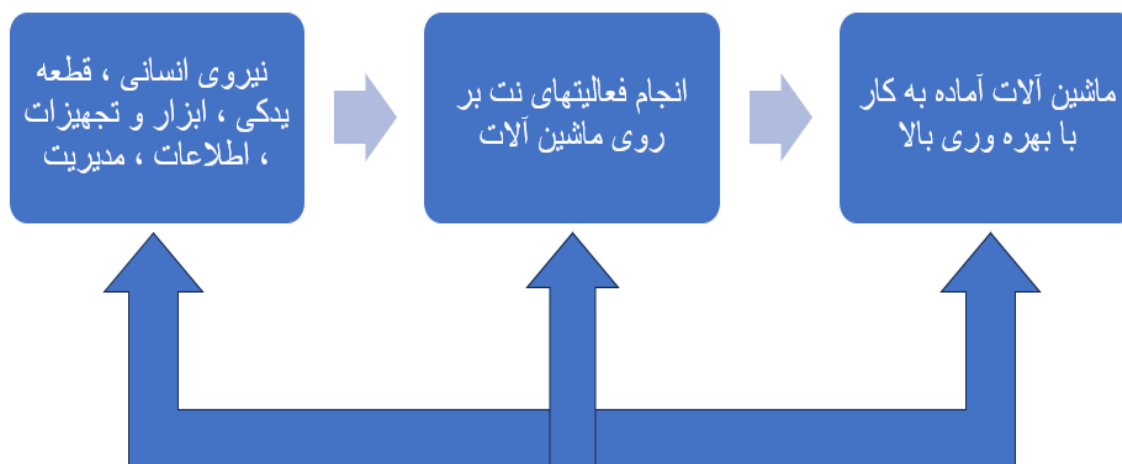
نگهداری و تعمیرات پیش اقدامانه

Proactive Maintenance or Maintenance Prevention (MP)

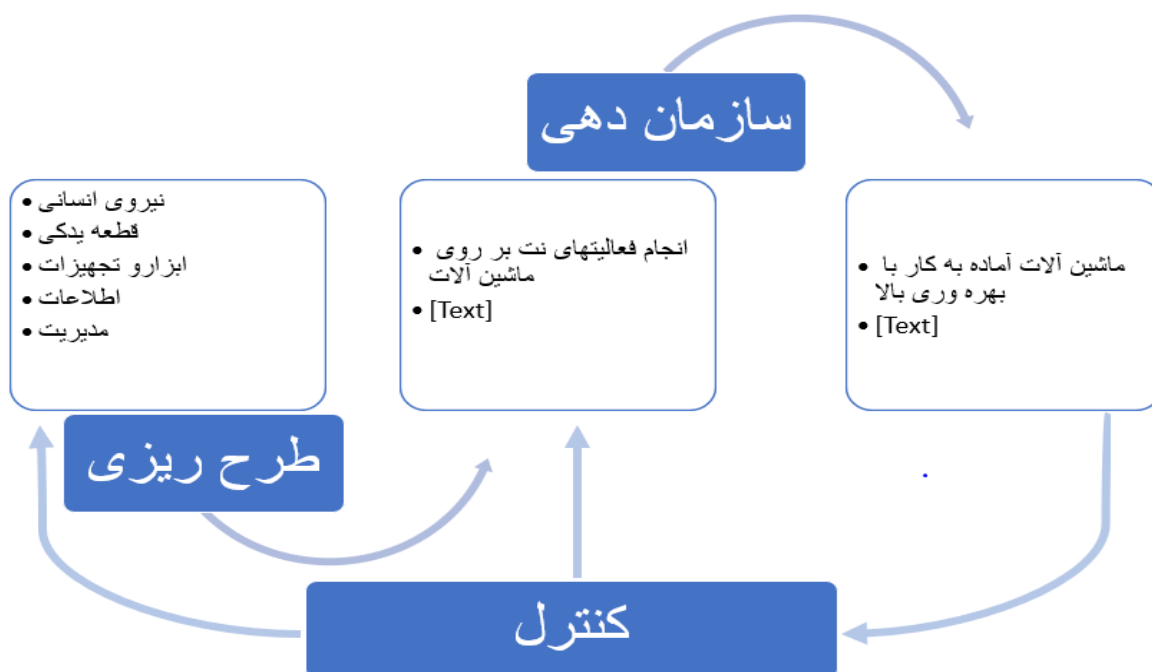
- در این روش ، فعالیتهایی انجام می شود که به طور کلی نیاز ماشین آلات به تعمیر را حذف کرده و یا به حداقل برسانند .
- در واقع در این روش با انجام یکسری فعالیتهای ، علل ریشه ای بروز خرابی ها شناسایی شده و با اجرای اصلاحیه ها و باز طراحی ، مهار می گردند .
- آنالیز ریشه ای خرابی (Root Failure Analysis) ، از تکنیک هایی است که برای این منظور به کار می رود .

بهینه سازی سیستم نت

➤ دیدگاه ورودی - خروجی سیستم نت



از دیدگاه مهندسی صنایع می‌توان این سیستم را درسه محدوده بازیابی کرد تا به سمت بهینه بودن پیش برود





• طرح ریزی نت



• فلسفه هاس استراتژی نت

فلسفه نت در هر سازمان، استفاده بهینه از منابع و امکانات، به نحوی که خروجی سیستم نت حداکثر شود.

در این راستا لازم است که استراتژی مناسبی برای هر کدام از دستگاهها و اجزای نت انتخاب گردد.

• سازمان نت

سازماندهی نت معمولاً به دو شیوه متمرکز و غیر متمرکز می باشد که با توجه به عواملی چون حجم کاری و وسعت

کارخانه، تخصص های مورد نیاز و عمر ماشین آلات، یکی از این دو شیوه شکل میگیرد که هر کدام فواید خاص خود

را دارد. البته در برخی موارد میتوان از یک راه حل میانی تحت عنوان نت نیمه متمرکز نیز استفاده نمود.



• پیش بینی حجم کاری نت

پیش بینی حجم کاری نت فرایندی است که میزان فعالیت نت در آینده را (مثلا سال پیش رو) پیش بینی می کند . می دانیم که بخشی از فعالیت های نت برنامه ریزی شده و برخی نیز برنامه ریزی نشده ، می باشند .

در بخش برنامه ریزی شده بر اساس توان انجام کار و مدت زمان انجام کار میتوان حجم کاری را برنامه ریزی کرد و در بخش برنامه ریزی نشده که تابعی از یک متغیر تصادفی و به عواملی نظیر عمر ماشین آلات ، نرخ استفاده ، کیفیت خدمات نت و عوامل محیطی بستگی دارد .

یک راه تقریبی جهت تخمین مقدار حجم کاری استفاده از اطلاعات تاریخی میباشد . لذا ثبت اطلاعات و سوابق تاثیر زیادی در دقت این بخش (پیش بینی حجم کاری) دارد.

• برنامه ریزی ظرفیت نت

در این بخش با توجه به نتایج پیش بینی حجم کاری نت ابتدا مشخص میکنیم که از هر یک از منابع نت (نیروی متخصص تعمیراتی ، قطعه یدکی ، تجهیزات و مواد مصرفی و ...) به چه میزان نیاز داریم و سپس سیاست خود را در جهت تامین این منابع مشخص میکنیم .

• زمان بندی نت

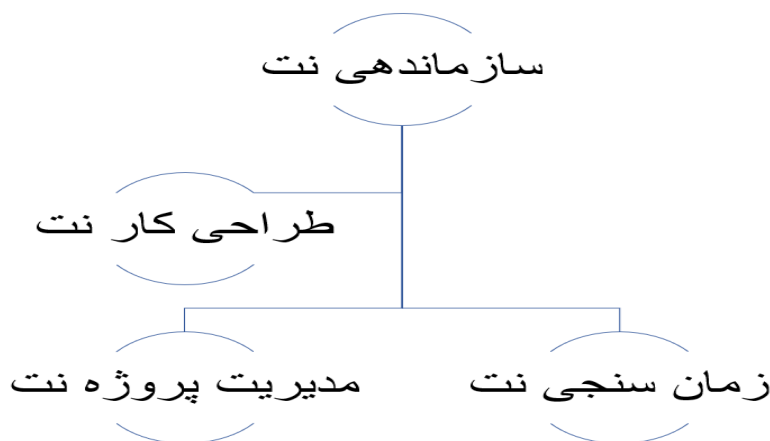
فرآیندی است که نیروی انسانی و منابع را به کارها تخصیص میدهد تا در زمان مشخص کار انجام گیرد .



لازم است مطمئن شویم نیروی انسانی، قطعات یدکی و ابزار مورد نیاز قبل از زمان اجرا در دسترس باشد تا نسبت به اجرا در زمان مقرر مطمئن باشیم.

○ ضمناً کارآیی سیستم زمانبندی نت تا حد زیادی به انعطاف پذیری آن وابسته است. بدین صورت که با توجه به شرایط موجود بتوانیم کارهای فوری تر را انجام داده بدون اینکه به برنامه زمانبندی آسیب جدی برسد.

✓ سازماندهی نت



• طراحی کار نت

طراحی کار نت به معنای تعیین روش صحیح انجام فعالیتها می باشد تا کار مطابق اهداف مورد نظر انجام شود.

این امر، معمولاً با تدوین دستورالعمل یا راهنمای انجام کار صورت می گیرد. در این دستورالعمل مراحل انجام

فعالیتهای نت و ابزارهای مورد نیاز مشخص می گردد.



در مورد فعالیتهای تعمیراتی قدم اول تشخیص عیب دستگاه میباشد. سیستم نت می خواهد در حداقل زمان ممکن عیب دستگاه را شناسائی و رفع عیب کند تا خروجی سیستم حداکثر شود. یکی از ابزار این امر تدوین راهنما یا فلوچارت عیب یابی است که در آن به طور ساختار یافته تعمیر کار به سمت عیب ماشین هدایت می شود.

• زمان سنجی نت

زمان سنجی نت به معنای تعیین زمان استاندارد انجام هر یک از فعالیت های نت می باشد.

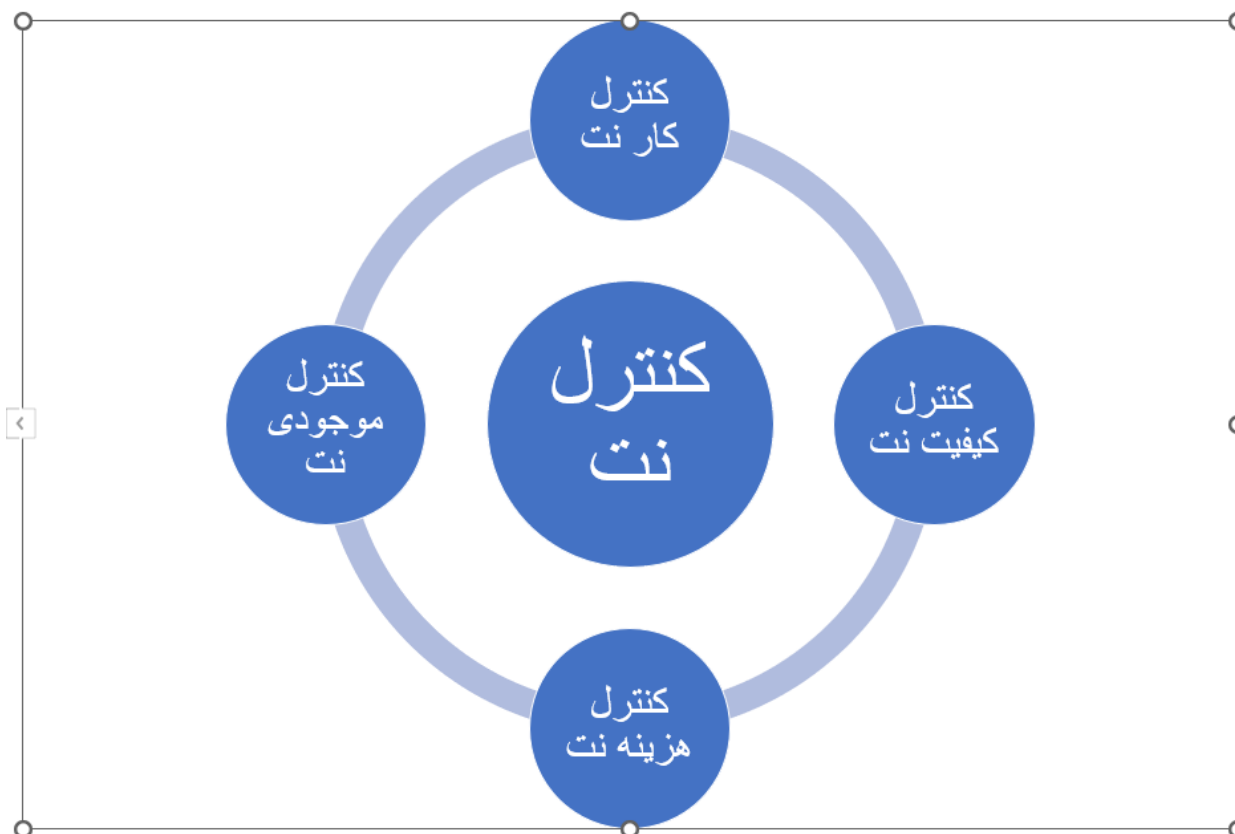
سه روش مهم در تعیین زمان استاندارد فعالیتهای نت وجود دارد:

- ۱- نظریات کارشناسی: نظر خواهی از فرد یا گروهی که تجربه انجام فعالیت مورد نظر را دارند.
- ۲- اطلاعات تاریخی: استفاده از اطلاعات سوابق فعالیت انجام شده در گذشته (در صورت ثبت آنها)
- ۳- روشهای علمی زمان سنجی: استفاده از روشهای ارزیابی کار و زمان (تجزیه کار, استفاده از کرنومتر و...)

• مدیریت پروژه نت

یک از انواع فعالیتهای نت Overhaul می باشد که غالباً طی مدتی محدود اکثر ماشین آلات تحت این گروه فعالیت قرار می گیرد. لذا باید از روشهای کنترل پروژه مثل CPM و PERT در برنامه ریزی فعالیتهای Overhaul استفاده کرد. همچنین از روشهای کنترل پروژه برای اطمینان از اتمام به موقع اورهال استفاده نمود.

✓ کنترل نت



• کنترل کارنت

کنترل کارنت به معنای فرایند انجام کار و بررسی صحت انجام کار مطابق استانداردهای تدوین شده است.

مثلاً بررسی می‌شود که آیا کار در همان مدت زمان استاندارد انجام شده و اگر مدت زمان بیشتر از زمان اولیه است

، بررسی شود علت چیست؟ آیا علت قابل قبول است یا خیر و اگر علت قابل قبول است در صدد یافتن راهکاری برای

عدم اتفاق آن در آینده باشیم.

• کنترل کیفیت



کنترل کیفیت سیستم نت بر روی اثر بخشی، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی ماشین آلات و مشخصه های این چنینی تعریف می شود.

در کنترل کیفیت نت هدف این است که آیا با اجزای سیستم نت مشخصه های فوق در حدود قابل قبول قرار دارند یا خیر و در صورتیکه خارج این محدوده قرار گرفته اند، علل را یافته و در صدد رفع آن برآیم. به طور مثال ممکن است فعالیت های نت پیشگیرانه تعریف شده بر روی ماشین آلات درست نباشد و یا قطعات یدکی جدید از کیفیت مناسبی برخوردار نباشند.

• کنترل هزینه نت

در کنترل هزینه باید هزینه های فعالیت نت و نیز هزینه کل سیستم نت را محاسبه نمود و تحت کنترل داشت به این معنی که روند آنها را در طول زمان از لحاظ افزایش یا کاهش مورد بررسی قرار داد. به طور مثال نتایج نشان دهند که علت افزایش هزینه های نت یک ماشین فرسودگی های بیش از حد ماشین است و نتیجه بگیریم که فروش ماشین موجود و خرید ماشین جدید موجب کاهش هزینه ها شود اجزای هزینه های نت در یک فعالیت نت به صورت زیر است:

- هزینه نیروی انسانی
- هزینه قطعه یدکی و مواد مصرفی
- هزینه بیکاری ماشین (عدم تولید)
- سایر هزینه ها (استهلاک تجهیزات تعمیراتی، هزینه انرژی و....)

• کنترل موجودی نت



منظور استفاده از تکنیکهای برنامه ریزی و کنترل موجودی در جهت تعیین سطح بهینه موجودی قطعات یدکی در

انبار می باشد . (MRP)¹⁰

➤ بررسی تاثیرات نت در بهره‌وری بر اساس شاخصها



✓ شاخص MTBF (میانگین زمان بین خرابی‌ها)¹¹

درج تاریخ انقضاء بر روی بسته‌های مواد غذایی احتمالا تا حالا خیلی‌ها را از مسمومیت غذایی نجات داده است.

البته ، می‌شود شیر را بو کرد یا ماست را چشید یا بررسی چشمی کرد ؛ اما هیچ یک از این کارها تضمین کننده سلامت

¹⁰ Material Requirements Planning or Manufacturing Resource Planning

¹¹ Mean Time Between Failures



این محصولات نیستند. بهترین کار این است پیش از هر کاری به آماری که توسط متخصصان آموزش دیده بعد از هزاران آزمایش ارائه می‌شود، اعتماد کرد و تصمیم گرفت.

خرابی تجهیزات و قطعات امری دفعی و صفر و یکی نیست. این اتفاق در چند مرحله رخ می‌دهد... هر خودرویی می‌تواند حتی با یک لاستیک پنچر هم حرکت کند؛ هر رایانه‌ای بدون چند کلید روی کیبوردش هم کار می‌کند. اما مساله این‌جا است که در چنین مواردی تجهیزات آن‌طور که از آن‌ها انتظار می‌رود عمل نمی‌کنند. و این مفهوم اصلی در هر «خرابی» است.

برای واحد نگهداری و تعمیرات، «میانگین زمان بین خرابی‌ها» (Mean time between failures) یا همان شاخص MTBF «نزدیک‌ترین و بهترین شاخص به مفهوم تاریخ انقضای محصولات است. شاخص MTBF متوسط بازه زمانی بین دو خرابی تجهیز را محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر، معیاری برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان است؛ این که یک تجهیز به طور معمول چه مدت کار می‌کند تا به نقطه خرابی برسد. این شاخص کمک می‌کند تا بدون اتکا به مشاهدات ذهنی تصمیم‌هایی داده‌محور در مورد زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات، ایمنی، مدیریت موجودی و طراحی تجهیزات بگیریم.

• فرمول محاسبه شاخص MTBF

برای محاسبه شاخص میانگین زمان بین خرابی‌ها (MTBF) کل ساعاتی که یک تجهیز به صورت عملیاتی در یک بازه زمانی مشخص کار کرده است را تقسیم بر تعداد خرابی‌های آن تجهیز در همان دوره زمانی می‌کنیم. این شاخص اغلب بر مبنای «ساعت» محاسبه می‌شود.



قبل از اینکه محاسبه شاخص MTBF را شروع کنیم، باید مفهوم «خرابی» در نگهداری و تعمیرات را به خوبی درک کنیم. اغلب افراد خرابی تجهیز را به منزله تجهیز که کاملاً خراب شده، یا خوردویی که دیگر قابل حرکت دادن نیست یا رایانه‌ای که دیگر روشن نمی‌شود تعبیر می‌کنند. اما برخلاف این تصور مفهوم خرابی در نگهداری و تعمیرات مفهومی صفر و یکی و دفعی نیست. بلکه این ضایعه در چند مرحله رخ می‌دهد. اساساً، خرابی زمانی رخ می‌دهد که یک سیستم یا بخشی از آن دیگر قادر نباشد خروجی دقیق و مورد انتظار از خود را برآورده سازد. یک خودرو با یک لاستیک صاف و مستهلک هم می‌تواند حرکت کند و یک رایانه هم بدون چند حرف از صفحه کلید خود هنوز کار می‌کند. مساله این‌جا است آن‌طور که از این تجهیزات انتظار می‌رود دیگر نمی‌توانند عمل کنند. این امر را می‌توان شکست و خرابی تلقی کرد. در بحث تولید، خرابی ممکن است در ماشینی ظهور کند که به دلیل بروز ایراد در یکی از قطعات خود دیگر قادر نباشد سطح مورد انتظار تولید در هر دقیقه، در هر شیفت، یا در روز را برآورده کند.

$$\text{شاخص MTBF} = (\text{ساعات کارکرد عملیاتی تجهیز} \div \text{تعداد خرابی‌های تجهیز})$$

به عنوان مثال فرض می‌کنیم شما در محل خود ۱۰ پمپ مشابه دارید. این پمپ‌ها در مدت یک سال هر کدام به مدت ۱۰۰ ساعت و در مجموع ۱۰۰۰ ساعت کار کرده‌اند. در طول این مدت (یک سال) این پمپ‌ها ۱۶ بار خراب شده‌اند. در این صورت متوسط زمان بین خرابی‌های این نوع پمپ ۶۲.۵ ساعت بوده است.

$$\text{شاخص MTBF} = (\text{ساعت کارکرد سالانه هر پمپ} \times ۱۰ \div ۱۶ \text{ بار خرابی})$$

$$\text{شاخص MTBF} = (\text{هزار ساعت مجموع کارکرد سالانه پمپ‌ها} \div ۱۶ \text{ بار خرابی})$$

$$\text{MTBF} = ۱۰۰۰ \div ۱۶$$

$$\text{MTBF} = ۶۲.۵ \text{ ساعت}$$



تعیین یک استاندارد جهانی برای شاخص MTBF به دلیل وجود انتظارات مختلف از هر تجهیز در سازمان‌ها و جغرافیاهای مختلف دشوار است. به همین خاطر بهتر است قبل از تعیین یک عدد معیار برای تیم نگهداشت خود، شاخص MTBF هر یک از تجهیزات خود و استاندارد صنعت خود برای آن تجهیز را مورد بررسی قرار دهید.

• چطور شاخص MTBF را در تجهیزات خود بهبود دهیم؟

خرابی تجهیز منجر به دو اتفاق می‌شود: کاهش تولید و فعالیت‌های تعمیراتی بیشتر، هر دوی این‌ها به معنای افزایش هزینه‌ها و کم‌تر شدن جریان نقدینگی به سمت موضوعات اساسی‌تر است. به همین دلیل است که کاهش موارد خرابی برای تولید کنندگان امری حیاتی است و به همین خاطر است که آن‌ها بهبود شاخص MTBF را یکی از اولویت‌های اصلی خود تعریف کرده‌اند. خوشبختانه، چندین راه برای به زیر کشیدن علل ریشه‌ای بروز خرابی و افزایش شاخص MTBF وجود دارد که تعدادی از آن‌ها به شرح زیر هستند:

۱. نحوه اجرای برنامه نت پیشگیرانه

برنامه نت پیشگیرانه اگر به خوبی انجام شود، می‌تواند منجر به افزایش قابل ملاحظه شاخص MTBF شود. اتخاذ یک رویکرد کنش‌گرا به جای اقدامات واکنشی در قبال تجهیزات، باعث جلوگیری از بروز مشکل حتی پیش از بروز اولیه نقص برای تجهیزات می‌شود. اگر چنین فرایند نگهداشت کنش‌گرایانه‌ای نسبت به تجهیزات وجود نداشته باشد حتی ممکن است با تاثیر معکوس نت پیشگیرانه و دستورکارهای آن در کار خود روبرو شویم. اگر دستورالعمل‌های نگهداشت تجهیز در سازمان موجود نباشد، چک لیست‌ها مبهم باشند یا اصلاً چک لیستی وجود نداشته باشد، یا اگر تکنیسین‌ها به درستی آموزش ندیده باشند، نت پیشگیرانه به خودی خود می‌تواند باعث بروز سریع‌تر خرابی در تجهیزات شود. برای بهبود فرایند اجرای نت پیشگیرانه، باید بر فراهم کردن منابع مورد نیاز تیم نگهداری و تعمیرات (اعم از راهنماها



، آموزش‌ها، دستورالعمل‌ها و مستندات تجهیز و چک‌لیست‌ها و...) و در دسترس قرار داشتن این منابع تا جای ممکن تمرکز کرد.

۲. تحلیل علل ریشه‌ای خرابی (RFA)¹²:

درک علت هر خرابی به شما کمک خواهد کرد تا از تکرار آن خرابی جلوگیری کنید و یا حداقل کاری کنید که این خرابی کم‌تر اتفاق بیفتد. بهترین راه برای پی بردن به عمق دلایل خرابی، "تحلیل علل ریشه‌ای خرابی" (RFA) با استفاده از تکنیک "۵ چرا" است. این کار به شما این امکان را می‌دهد که در کنار حل یک مشکل فوری و اضطراری به یک راه‌حل بلند مدت حرکت کنید. به جای اینکه فقط قطعه معیوب را با قطعه‌ای نو تعویض کنید، متوجه شوید که آیا اصلاً قطعه با کیفیت‌تری در بازار موجود است که به جای قطعه فعلی آن را سفارش دارد. و مهم‌تر این که می‌توان فهمید در صورت بودن چنین قطعه‌ای در بازار چرا از ابتدا این قطعه خریداری نشده است. تحلیل علل ریشه‌ای خرابی نه تنها شاخص MTBF را برای یک تجهیز بهبود می‌دهد که حتی با خلق فرایندهای بهتر کاری امکان بهبود شاخص MTBF در کل تجهیزات را نیز افزایش می‌دهد.

کنترل مستمر شاخص MTBF هم به شما کمک خواهد کرد تا بدون اتکا به مشاهدات چشمی و یا دستورالعمل‌های اغلب نادقیق، در مورد زمانبندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، ایمنی، مدیریت موجودی قطعات و کالاها و طراحی تجهیزات تصمیماتی بر اساس داده‌های واقعی و تاریخچه‌ای بگیرید.

در شرکت "ب" بنا به مکان و فضای نصب نوار نقاله تسمه‌ای نصب گردیده است که معمولاً با خطای حفاظت الکتریکی و پارگی آن منجر میشد که معمولاً واحدهای تعمیرات تنها به برطرف کردن موقتی آن اقدام مینمایند ولی در

¹² Root Failure Analysis



این میان واحد pm با بررسی یکماهه این مورد و شناسایی ریشه ای دلایل توقف آن ، راهکار مناسب ارایه و بعد از اجرای آن از توقف بیش از معمول جلوگیری به عمل آمد در صورتیکه در شرکت " الف " این نوار نقاله از نوع نوار نقاله عمودی طراحی و اجرا شده است که هیچ یک از این موارد در ان اتفاق نخواهد افتاد .

۳. نگهداری و تعمیرات پیشگویانه (مبتنی بر وضعیت) (CBM)

در صورت استفاده از یک سیستم هشدار سریع برای پی بردن به مشکلات تجهیزات قبل از خرابی آن ، می‌توانید شاخص MTBF را افزایش داده و زمان خاموشی برنامه‌ریزی نشده تجهیز را کاهش دهید . معادل این سیستم هشدار سریع می‌تواند نگهداری و تعمیرات مبتنی بروضعیت (Condition Based Maintenance) یا به اختصار CBM باشد . استقرار سیستم نت مبتنی بر وضعیت کاری دشوار است و پیمودن مسیری طولانی را می‌طلبد اما برخی از گام‌های اولیه نت مبتنی بر وضعیت را می‌توان بلافاصله و بدون دشواری خاصی آغاز کرد. این گام‌ها شامل تبیین برنامه نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر (Total Productive Maintenance) به اختصار TPM ، تعریف حالات خرابی ، رسم منحنی P – F برای تجهیزات حیاتی و اتصال نرم‌افزار نگهداری و تعمیرات به فناوری‌هایی چون PLC ها ، اسکادا (SCADA) ، و حس‌گرهای تجهیزات است .

با توجه به اینکه شرکت های " الف " و " ب " هر دو سیستم خنک کنندگی (برجهای خنک کننده) دارند در شرکت " الف " جهت جلوگیری از رسوب در لوله های خنک کننده اقدام به نصب دستگاه تسویه آب و کنترل مداوم سختی آب نموده اند ولی در شرکت " ب " این امر صورت نگرفت برخی از تجهیزات به صورت دوساله و برخی هم ۶ ساله به طور کامل تعویض میشد و این در حالی بود که راندمان ان هم چندان خوب نبود و معمولاً در حین کار دچار گرفتگی میشد و عملکرد چندان مطلوبی نداشت .



• تفاوت در شاخص MTTF در برابر شاخص MTBF چیست؟

شاخص میانگین زمان بین خرابی‌ها (MTBF) بسیار شبیه به شاخص میانگین زمان کارکرد تا خرابی (MTTF) و میانگین زمان شناسایی خرابی (MTTD) به نظر می‌رسد. اما این شاخص‌ها مثل هم نیستند و درک تفاوت بین این سه شاخص مهم نگهداری و تعمیرات و زمان مناسب استفاده از هر کدام برای ایجاد یک استراتژی نت مبتنی بر داده مهم است.

✓ شاخص MTTF (میانگین زمان کارکرد تا خرابی¹³) چیست؟

شاخص میانگین زمان کارکرد تا خرابی (MTTF) میانگین زمانی را از وقتی که یک «تجهیز غیر قابل تعمیر» شروع به کار می‌کند تا زمان خرابی آن محاسبه می‌کند. عبارت کلیدی در این شاخص «تجهیز غیر قابل تعمیر» است. شاخص MTTF کل طول عمر تجهیز را محاسبه می‌کند. وقتی چنین تجهیز خراب می‌شود باید تجهیز جدیدی جایگزین آن شود. و این تفاوت شاخص MTTF با شاخص MTBF است؛ اولی با تجهیزاتی سر و کار دارد که قابل تعمیر نیستند و دومی با تجهیزاتی که قابل تعمیر هستند.

دلایل متعددی وجود دارد که به خاطر آن یک تجهیز ممکن است تعمیر نشود؛ اما ساده‌ترین دلیل این است که جایگزینی تجهیز هزینه و زمان کمتری نسبت به تعمیر آن تجهیز نیاز دارد.

شاخص MTTF با تقسیم ساعات کارکرد یک نوع تجهیز به تعداد کل آن تجهیز مورد بررسی محاسبه می‌شود. برای مثال، سه دستگاه فن مشابه در مجموع ۶۰ ساعت کار کرده‌اند. شاخص MTTF (۲۰ ساعت) برای این فن‌ها با تقسیم

¹³ Mean Time To Failure



میزان ۶۰ ساعت کارکرد بر ۳ به دست می‌آید. این شاخص کاربردهای زیادی دارد که ارزشمندترین آن‌ها این است که به شما می‌گوید چه زمانی اقدام به خرید مجدد تجهیز برای جایگزینی کنید.

✓ شاخص $MTTD^{14}$ چیست؟

شاخص $MTTD$ که مختصر Mean time to defect یا میانگین زمان کارکرد تا نقص است، متوسط زمان شناسایی مشکلات قابل شناسایی را که می‌توانند منجر به خرابی تجهیز شوند را اندازه‌گیری می‌کند.

یک تجهیز پس از کشف یک نقص در آن می‌تواند به کار خود ادامه دهد. این چیزی است که شاخص $MTTD$ را از شاخص $MTBF$ متفاوت می‌سازد: شاخص $MTTD$ پیش‌درآمد خرابی تجهیز است، در حالی که شاخص $MTBF$ درباره خود خرابی است. برای مثال، دمای یک موتور ممکن است بالاتر از یک سطح قابل قبول برود، اما موتور با همین نقصان اگر دو ساعت دیگر به کار ادامه دهد خراب می‌شود.

شاخص $MTTD$ از تقسیم تعداد کل نقص‌های شناسایی شده در یک تجهیز به کل زمان کارکرد آن تجهیز به دست می‌آید. برای مثال، اگر یک قطعه از تجهیزات به مدت ۸۰ ساعت کار کند و شما ۵ نقص را در این بازه زمانی تشخیص دهید، میانگین زمان برای شناسایی نقص در آن تجهیز ۱۶ ساعت است.

شاخص $MTTD$ پیش از هرچیز در برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و نت مبتنی بر وضعیت تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر قادر به ردیابی نقایص و درک حالت‌های شکست یک تجهیز باشید، بیشتر ابزارهای لازم برای ترسیم منحنی $P-F$ تجهیز خود را دارید. منحنی $P-F$ بخش کلیدی نت مبتنی بر وضعیت است و به شما این

¹⁴ Mean Time To Defect



امکان را می‌دهد که بدون استفاده از منابع غیرضروری، نگهداشت یک تجهیز را در بهترین زمان ممکن برنامه‌ریزی کنید.

➤ نتیجه گیری

- افزایش بهره‌وری با بهبود شاخص MTBF

مشکل خرابی تجهیزات فقط مشکل واحد نگهداری و تعمیرات نیست و به خصوص هنگامی که روی خروجی نهایی سازمان اثر خود را نشان دهد کل سازمان را درگیر خود می‌سازد. با این حال تقریباً همیشه این تیم نگهداشت است که مسئول جلوگیری از خرابی تجهیزات هستند. پایش و ردیابی شاخص میانگین زمان بین خرابی‌ها (شاخص MTBF) می‌تواند یک سلاح قوی در دستان تیم نگهداشت برعلیه خاموشی‌ها و توقف‌های برنامه‌ریزی نشده و غیرمترقبه باشد.



این شاخص به شما کمک می‌کند که فعالیت‌های نگهداشت خود بهینه کنید و بهترین خروجی را از فرایندهای خود کسب کنید و رنج ناشی از بروز خرابی‌ها را در سازمان خود متوقف سازید .

در این حالت میتوان گفت خروجی (محصول) افزایش میابد، در حالی که ورودی (مواد اولیه) ثابت است و با کاهش خواب بدون برنامه ریزی ماشین آلات در زمان تولید باعث افزایش بهره وری در تولید نسبت به زمان خواهد شد .

موارد قابل بررسی

در صورتی که سیستم نت به طور صحیح برنامه ریزی و اجرا گردد احتمال افزایش درآمد های مالیاتی برای دولت از طریق صرفه جویی در خرید ماشین آلات به دلیل افزایش طول عمر ماشین آلات و کاهش هزینه ها و افزایش درآمد واحدهای تولیدی افزایش خواهد یافت .

همچنین تغییرات MRP سازمان هم پس از اجرای صحیح نت قابل بررسی می باشد .



منابع و مواخذ

- مزایای استفاده از سیستم برنامه ریزی شده نگهداری و تعمیرات دی ماه ۱۴۰۰
- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۳۹۴
- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع) تالیف: دکتر علی حاج شیر محمدی
- برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات irmgn.ir
- بهره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمانها تالیف: شهنام طاهری
- کتاب مرجع علمی و کاربردی مدیریت نگهداری و تعمیرات اثر: پروفسور آدولفو کرسپومارکز و ترجمه: سعید رضائی، مهدیه صدقی
- <https://Magirans.com>
- نشریه مدیریت راهبردی در سیستمهای صنعتی
- نشریه مهندسی و مدیریت کیفیت