

بسمه تعالی

معرفی ضریب اثربخشی کلی نیروی کار نت (OCE) و کاربرد آن در مدیریت نت

از: حسین شادمهر - کارشناس مهندسی صنایع و مدیر طرح و برنامه شرکت مهندسی فراگیر

Email: h_shadmehr@yahoo.com

چکیده: موضوع نگهداری و تعمیرات روز بروز در سازمان‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. مترادف با این رشد بحث بهره‌وری واحد نگهداری و تعمیرات و همچنین بهره‌وری نیروی کار نت بسیار بااهمیت جلوه می‌کند. "مؤسسه تعالی نت"^۱ برای سنجش و بهبود میزان بهره‌وری نیروی کار نت، شاخص "اثربخشی کلی نیروی کار نت - OCE"^۲ را معرفی کرده است. در این مقاله به معرفی و نحوه کاربرد شاخص «اثربخشی کلی نیروی کار نت - OCE» پرداخته می‌شود که به سازمان می‌گوید از لحاظ بهره‌وری نیروی کار نگهداری و تعمیرات در چه وضعیتی قرار دارد. این شاخص از سه مؤلفه اصلی تشکیل شده که عبارتند از: "نرخ بهره‌برداری"^۳، "نرخ عملکرد و نرخ کیفیت"^۴. مقدار OCE از حاصلضرب این سه مؤلفه بدست می‌آید. در ادامه مقاله همچنین تشابه و تفاوت OCE و OEE توضیح داده می‌شود.

لغات کلیدی: ضریب اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)^۵، ضریب اثربخشی کلی نیروی کار نت (OCE)، نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM)، شش ضایعه، بهره‌وری، مدیریت نت.

مقدمه: تلاش سازمان‌ها و بنگاه‌های تولیدی و خدماتی برای افزایش بهره‌وری و افزایش قدرت رقابت روز به روز بیشتر و جدی‌تر می‌شود. سازمان‌ها از فرصت‌های مختلف برای افزایش بهره‌وری استفاده می‌کنند و مطالعات و تحقیقات نشان داده که با توجه به گسترش روزافزون حجم ماشین‌آلات و دستگاه‌ها در کارخانجات و توسعه اتوماسیون و مکانیزاسیون، یکی از بهترین فرصت‌ها برای افزایش بهره‌وری در سازمان موضوع نگهداری و تعمیرات (نت) می‌باشد. از سویی بالا رفتن حجم سرمایه‌گذاری‌های شرکت‌ها در خرید و بکارگیری ماشین‌آلات، اهمیت اثربخشی در نظام نت آن شرکت را بیشتر نمایان می‌سازد و از سوی دیگر با توسعه واحدهای نت در سازمان‌ها، اهمیت بهره‌وری در این واحدها نمایان‌تر می‌شود. در سال‌های اخیر بنابه سیاست‌های کلان سازمان‌های تولیدی در تمرکز بیشتر بر «مزیت رقابتی» خودشان، بسیاری از آنها شروع به واگذاری فعالیت‌های بخش نگهداری و تعمیرات خود به شرکت‌های تامین‌کننده خدمات نت از

¹ - The Maintenance Excellence Institute

² - Overall Craft Effectiveness (OCE)

³ - Craft Utilization

⁴ - Craft Service Quality

⁵ - Overall Equipment Effectiveness (OEE)

طریق پیمان‌سپاری نموده‌اند. بنابر این شرکت‌های فراوانی به‌عنوان ارایه دهنده سرویس‌های نگهداری و تعمیرات ایجاد شده و توسعه یافته‌اند. برای بسیاری از این شرکت‌ها مقوله نیروی انسانی به‌عنوان با اهمیت ترین سرمایه سازمان می‌باشد و بنابراین بهره‌وری نیروی کار می‌تواند عامل مؤثری در ادامه حیات و رقابت اینگونه سازمان‌ها داشته باشد. سیستم‌ها و مکانیزم‌های مختلف طراحی شده برای مدیریت نت از قبیل نت پیشگیرانه (PM)⁶، نت پیشگویانه (PdM)⁷، نت پیش‌اقدام (PaM)⁸، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)⁹ و نت بهره‌ور فراگیر (TPM)¹⁰ تلاش می‌کنند که با بهره‌برداری از فنون مختلف به این هدف دست یابند. از این رو معرفی و کاربرد شاخص‌هایی مثل ضریب اثر بخشی کلی تجهیزات (OEE) و ضریب اثربخشی کلی نیروی کار نت (OCE) در این سیستم‌ها مطرح شده است. OEE بر بهبود نت از طریق حذف شش ضایعه عمده در ماشین‌آلات و دستگاه‌ها می‌پردازد؛ در حالیکه OCE بر بهبود نت از طریق بهبود اثربخشی و کارایی نیروی کار نت تاکید دارد. در ادامه مقاله ابتدا گذری بر شاخص OEE داشته و سپس مفهوم و کاربرد شاخص OCE بیان خواهد شد.

انواع ضایعات در صنعت: برای درک اهمیت و ضرورت توجه به شاخص‌های OEE و OCE ابتدا ضایعات عمده موجود در صنعت را معرفی می‌کنیم. چنانچه توضیح داده خواهد شد واحد نت نقش مؤثری در کاهش یا حذف این ضایعات خواهد داشت.

ضایعات موجود در تولید در قالب سه گروه و در سیزده طبقه کلی تقسیم بندی شده‌اند:

- ضایعات ناشی از تجهیزات و ماشین‌آلات (شامل شش ضایعه عمده):

- 0 خرابی یا شکست تجهیزات
- 0 تنظیمات و آماده‌سازی
- 0 توقفات کوتاه مدت
- 0 کاهش سرعت
- 0 خطاهای فرآیندی
- 0 دوباره‌کاری‌ها و ضایعات

- ضایعات ناشی از نیروی انسانی (شامل چهار ضایعه عمده):

- 0 تمیزکاری و چک کردن
- 0 انتظار برای مواد
- 0 انتظار برای دستورالعمل‌ها
- 0 انتظار برای تایید کیفی

6 - Preventive Maintenance (PM)

7 - Predictive Maintenance (PdM)

8 - Proactive Maintenance (PaM)

9 - Reliability centered maintenance (RCM)

10 - Total productive maintenance (TPM)

- ضایعات ناشی از مواد (شامل سه ضایعه عمده):

0 نبود مواد

0 ضایعات انرژی

0 ضایعات مواد مصرف شدنی

ضریب اثربخشی کلی تجهیزات (OEE): ضریب اثربخشی کلی تجهیزات یا OEE یک ابزار اندازه‌گیری و بهبود است. OEE به عنوان یکی از بخش‌های اصلی سیستم نت بهره‌ور فراگیر (TPM) شناخته شده است. بطوریکه یکی از پنج اصل TPM اشاره مستقیم به کاربرد این شاخص دارد. پنج اصل TPM عبارتند از:

۱. حداکثر نمودن اثربخشی تجهیزات یا بهبود راندمان کل
 ۲. توسعه یک سیستم نگهداری و تعمیرات بهره‌ور برای کل دوره عمر تجهیزات
 ۳. درگیر نمودن کلیه بخش‌های صنعت که در امور TPM به برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری می‌پردازند.
 ۴. درگیر نمودن فعالانه کلیه کارکنان، از مدیریت رده اول تا کارگران سطح کارگاه
 ۵. توسعه TPM از طریق مدیریت انگیزشی و کاربرد گروه‌های کاری کوچک
- بنابر این شاخص OEE در رسیدن به اهداف TPM و حذف شش ضایعه عمده ناشی از ماشین آلات کمک مؤثری می‌کند. OEE به صورت حاصلضرب سه مؤلفه "نرخ دسترسی"^{۱۱}، "نرخ عملکرد"^{۱۲} و "نرخ کیفیت"^{۱۳} تعریف می‌شود. فرمول‌های نحوه محاسبه این مؤلفه‌ها به صورت زیر است:

$OEE = \text{نرخ کیفیت} \times \text{نرخ عملکرد} \times \text{نرخ دسترسی}$	
ضایعات زمان رکود	دسترسی
ضایعات کاهش سرعت	عملکرد
ضایعات کاهش کیفیت	کیفیت

شش ضایعه عمده ناشی از ماشین‌آلات و تجهیزات را می‌توان در سه دسته تقسیم بندی کرد:

- ضایعات زمان رکود: شامل ضایعه خرابی یا شکست دستگاه و ضایعه تنظیمات و آماده‌سازی

11 - Availability
12 - Performance
13 - Quality

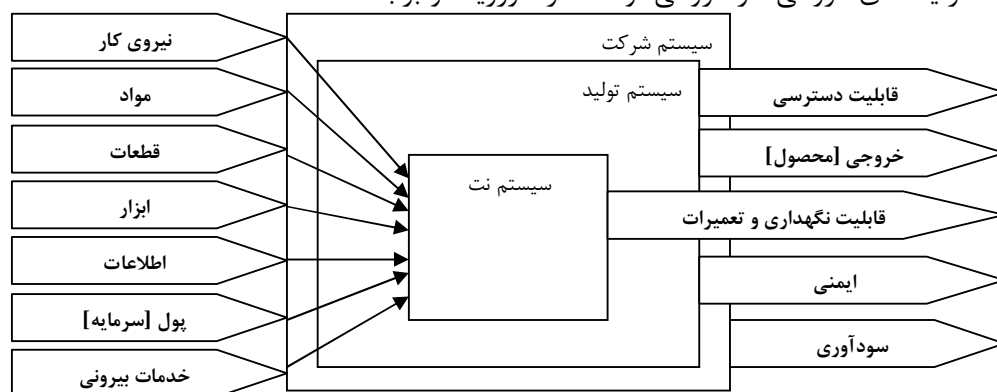
- ضایعات کاهش سرعت: شامل ضایعه توقفات کوتاه مدت و کاهش سرعت
- ضایعات کاهش کیفیت: شامل ضایعه خطاهای فرآیندی و ضایعه دوباره کاری

ضریب اثربخشی کلی نیروی کار نت (OCE):

امروزه بسیاری از شرکت ها به نت به عنوان یک مقوله مبتنی بر سودآوری نگاه می کنند. خصوصا آنکه با پیدایش و رشد شرکت های تخصصی خدمات نت چه در سطح کوچک آن (مثل سرویسکاران و تعمیرکاران اتومبیل و وسایل خانگی) و چه در سطح کلان آن (نظیر شرکت های تخصصی و پیمانکاری در زمینه نت ماشین آلات حفاری، نت خطوط تولید اتومبیل، نت صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و سایر آنها) اهمیت توجه به موضوع بهره‌وری در سازمان های نت بیشتر و بیشتر شده است. چراکه غالبا سرمایه عمده شرکت های خدماتی نت، نیروی انسانی آنها می باشد و این شرکت ها سعی دارند با افزایش بهره‌وری نیروی کار نت به سودآوری بیشتری برسند.

مدیریت یک واحد نت مبتنی بر سودآوری بایستی به بهبود تمامی جنبه‌های مدیریت تجهیزات شامل همه تجهیزات و منابع به عنوان یک فرصت، توجه داشته باشد. نگرش سیستمی به نت نشان می‌دهد که ورودی‌ها و خروجی‌های مختلفی برای نت وجود دارد (شکل یک) و سؤالات متعددی مطرح است که چگونه میتوان منابع مختلف را در جهت تعالی نگهداری و تعمیرات بهبود بخشید:

- دارایی‌های فیزیکی؛ تجهیزات و تسهیلات فیزیکی.
- دارایی نیروی انسانی؛ نیروی کار ماهر و اپراتورهای تجهیزات.
- دارایی‌های مواد، قطعات و تأمین کنندگان.
- دارایی‌های دانش فنی و مهارت.
- دارایی‌های اطلاعات؛ اطلاعات مفید و کاربردی نه دریایی از داده‌ها.
- فرآیندهای گروهی؛ کار گروهی توسط افراد ورزیده و برجسته.



شکل (۱): مدل ورودی/خروجی سیستم [visser,1998,Tsang,2002]

یکی از سؤالات کلیدی که ممکن است مطرح شود این است که چگونه می‌توان از طریق منابع نیروی کار به ارزش افزوده بالاتر و بهره‌وری بالاتر نیروی کار دست یافت؟ فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات که در قالب

تعمیر پس از خرابی (BM) و به صورت واکنشی انجام می‌شوند و از سیستم‌های مدرن نت فاصله دوری دارند، موجب اتلاف زمان و کاهش ارزش افزوده منابع می‌شوند. نظر سنجی‌ها نشان می‌دهد که معمولاً فقط ۳۰ تا ۴۰ درصد از وقت روزانه نیروهای نت بدرستی استفاده می‌شود. اما در سیستم‌های مدرن نت با کاربرد مفاهیمی نظیر برنامه‌های PM و PdM، انبارداری اثربخش قطعات یدکی، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پیشگیری و پیش اقدامی و افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از زمان در دسترس، بهبود خوبی یافته است. اندازه‌گیری و بهبود ضریب اثربخشی کلی نیروی کار نت (OCE) یکی از عناصری است که در فرآیند مدیریت تجهیزات و افزایش قابلیت اطمینان استفاده می‌شود. بالا بردن مقدار ارزش افزوده حاصله از نیروی کار و افزایش بهره‌وری نیروی کار به اندازه‌گیری این شاخص نیازمند است تا بدانیم دقیقاً در چه وضعیتی قرار داریم.

• معرفی OCE و مقایسه آن با OEE :

باید گفت OCE بسیار مشابه مفهوم OEE می‌باشد اما با این تفاوت که OCE بطور خاص برای بهره‌وری منابع نیروی کار نت بکار گرفته می‌شود. شاخص OCE بر اندازه‌گیری و بهبود بهره‌وری از طریق ارزش افزوده ناشی از کار نیروی انسانی تمرکز دارد. شاخص OCE نیز شامل سه مؤلفه است: (اثربخشی)، (کارایی) و (کیفیت)؛ فقط دو مؤلفه از مؤلفه‌های OCE تعریفی مشابه تعریف مؤلفه‌های OEE دارند.

اجرای OCE و OEE	ضریب اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)	ضریب اثربخشی کلی مهارت (OCE)
اثربخشی ^{۱۴}	نرخ بهره‌برداری یا دسترسی تجهیز (A)	نرخ بهره‌برداری نیروی کار نت (CU)
کارایی ^{۱۵}	نرخ عملکرد تجهیز (P)	نرخ عملکرد نیروی کار نت (CP)
کیفیت	نرخ کیفیت خروجی تجهیز (Q)	کیفیت خدمات نیروی کار نت (CSQ)

محاسبات OCE بصورت زیر است:

(نرخ کیفیت خدمات نیروی کار) ÷ (نرخ عملکرد نیروی کار) × (نرخ بهره‌برداری نیروی کار) ÷ ضریب اثربخشی کلی نیروی کار نت

$$OCE = \%CU \times \%CP \times \%CSQ$$

• اجزای OCE :

۱. **مؤلفه بهره‌برداری نیروی کار (CU):** اولین مؤلفه شاخص OCE، مؤلفه بهره‌برداری نیروی کار یا زمان خالص کاری می‌باشد. این مؤلفه OCE به اندازه‌گیری چگونگی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کردن منابع نیروی کار مربوط می‌شود که از طریق آن بتوان ارزش افزوده ایجاد کرده و تولید تجهیزات ادامه داشته باشد. برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مؤثر کارها در فرآیند نت پیش اقدام در افزایش زمان مفید کاری و نرخ بهره‌برداری نیروی کار، بسیار کلیدی است.

14 - Effectiveness

15 - Efficiency

داشتن انبار قطعات یدکی مؤثر (قطعات درست، مکان درست و زمان درست) در زمانبندی کردن کار نیروها امر واجبی است. لازم به ذکر است که زمان مفید کاری شامل موارد زیر نمی‌شود:

- زمان انتقال از اعلام اضطراری تا انجام وضعیت اضطراری.
- زمان انتظار برای قطعات یا زمان لازم برای پیدا کردن اطلاعات مربوط به قطعات.
- زمان انتظار برای دستیابی به سایر اطلاعات تجهیزات نظیر دستورالعمل‌ها، مستندات، نقشه‌ها و...
- زمان انتظار برای توقف دستگاه.
- زمان انتظار برای اجاره یک دستگاه یا تأمین آن توسط یک تأمین کننده خارجی.
- زمان انتظار برای سایر نیروهای کار تا سهم کار خودشان را تکمیل کنند.
- زمان انتقال تا رسیدن به محل کار.
- زمان کسب آمادگی، مثل زمان نظافت کردن کارگاه.
- زمان مربوط به جلسات، زمان‌های استراحت مجاز، زمان آموزش و زمان عیب یابی از طریق جداول عیب یابی.
- زمان ناشی از فقدان برنامه‌ریزی و زمانبندی مؤثر.

نرخ بهره‌برداری نیروی کار یا زمان خالص کاری بطور خیلی ساده می‌تواند بصورت زیر محاسبه شود:

$$CU\% = 100 \times (\text{کل مقدار ساعات واگذار شده به نیروی کار}) / (\text{کل زمان مفید بهره‌برداری شده})$$

بهبود زمان خالص نیروی کار: بهبود این مؤلفه از OCE باید در اولویت برنامه های بهبودی قرار گیرد. چنانچه در جدول (۱) مشاهده می‌شود، نتایج و فواید ایده آلی صرفاً از بهبود "مقدار زمان خالص کاری" بدست می‌آید. تحقیقات نشان می‌دهد که صرفاً از افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی و زمانبندی کارها، بهبود ۲۰ تا ۳۰ درصدی در OCE، اتفاق می‌افتد. برخی از روش های کاری برای بهبود CU عبارتند از:

- بهبود برنامه‌ریزی و زمانبندی کارهای نت
- ایجاد برنامه‌های مدون و بهبود یافته PM/PdM
- ایجاد سیستم مناسب انبار قطعات یدکی
- تدارک مناسب ابزار و تجهیزات نت
- در دسترس گذاشتن مناسب نقشه‌ها و مدارک فنی و دستورالعمل های نت
- استفاده از روشهای توزیع کار مثل دیسپچینگ
- تدارک سیستم های مناسب ارتباطی مثل تاکی واکی
- تدارک سیستم های مناسب جابجایی نیروها مثل موتورسیکلت و دوچرخه و...
- ایجاد دسترسی های محلی در داخل خط تولید برای ابزار و قطعات یدکی
- استفاده از دستگاهها و ماشین آلات رزرو در حد بهینه

مثال: در این مثال نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان با بهبود برنامه ریزی و زمانبندی فعالیت ها در سازمان نت به رشد ۱۰ تا ۲۰ درصدی نرخ بهره‌برداری نیروی کار نت (CU) دست یافت.

فرضیات مساله به صورت زیر است:

- متوسط نرخ هر ساعت دستمزد نیروی کار = ۱۸ واحد پولی
- تعداد نیروهای سازمان نت = ۲۰ نفر
- تعداد ساعات کاری در طول هفته = ۴۰ ساعت
- تعداد هفته‌های کاری در طول سال = ۵۲ هفته

آنگاه خواهیم داشت:

کل زمان در دسترس نیروی کار در طول یکسال : $۵۲ \times (هفته در سال) \times ۴۰ \times (ساعت در هفته) \times ۲۰ \times (کارگر)$
 کل هزینه دستمزد نیروی کار در طول یکسال : $۱۸ = ۷۴۸۸۰۰$ (هزینه هر ساعت کار) $\times ۴۱۶۰۰$ (ساعت)

میانگین زمان مفید به ازای یک نفر (ساعت)	هزینه واقعی به ازای یک ساعت (واحد پول)	کل زمان در دسترس کاری (ساعت)	نرخ بهره‌برداری نیروی کار (CU%)
۶۲۴	۶۰	۱۲۴۸۰	۳۰٪
۸۳۲	۴۵	۱۶۶۴۰	۴۰٪
۱۰۴۰	۳۶	۲۰۸۰۰	۵۰٪
۱۲۴۸	۳۰	۲۴۹۶۰	۶۰٪
۱۴۵۶	۲۵٫۷۱	۲۹۱۲۰	۷۰٪
۱۶۶۴	۲۲٫۵۰	۴۹۹۲۰	۸۰٪
۱۷۶۸	۲۱٫۱۸	۳۵۳۶۰	۸۵٪ *
۱۸۷۲	۲۰	۳۷۴۴۰	۹۰٪
۲۰۸۰	۱۸	۴۱۶۰۰	۱۰۰٪

با توجه به زمان کسر شده بابت تعطیلات، مرخصی، زمان استراحت، زمان نظافت، جلسات کاری، زمان آموزش و... حداکثر بهره‌برداری نیروی کار در نرخ ۸۵٪ می‌باشد.

حالت اول: اگر نرخ بهره برداری نیروی کار در سطح ۴۰٪ باشد و بتوان با انجام برنامه‌ریزی و زمانبندی مناسب به میزان ۱۰٪ در مقدار فعلی بهبود ایجاد کرد؛ آنگاه چه تغییری در نتایج نت ایجاد می‌شود؟

افزایش ۱۰ درصدی در نرخ بهره‌برداری نیروی کار یعنی اینکه سطح بهره برداری نیروی کار از ۴۰٪ به ۵۰٪ برسد. آنگاه :
 - زمان مفید کاری حاصل از بهبود ۱۰ درصدی شاخص:
 $۴۱۶۰ = ۱۶۶۴۰ - (زمان مفید کاری در نرخ ۴۰٪) - ۲۰۸۰۰$ (زمان مفید کاری در نرخ ۵۰٪)
 - این مقدار افزایش زمان مفید کاری در نرخ ۴۰٪ برابر است با افزایش معادل ۵ نفر نیرو:
 $۵ = ۸۳۲ - (میانگین زمان مفید به ازای یک نفر در نرخ ۴۰٪) / ۴۱۶۰$ (زمان مفید کاری بدست آمده)
 - مقدار ارزش پولی حاصل از افزایش معادل ۵ نفر نیرو:
 $۱۸۷۲۰۰ = ۵۲ \times (هفته در سال) \times ۴۰ \times (ساعت در هفته) \times ۵ \times (نفر) \times ۱۸$ (نرخ پولی هر ساعت کار)
 - در حقیقت به میزان ۲۵٪ در ظرفیت کار واقعی نیروی نت بهبود ایجاد می‌شود
 $۷۴۸۸۰۰ = ۲۵٪$ (مقدار کل هزینه نیروی انسانی در یکسال) $/ ۱۸۷۲۰۰$ (مقدار ارزش پولی بدست آمده)

حالت دوم: اگر نرخ بهره برداری نیروی کار در سطح ۳۰٪ باشد و بتوان با داشتن برنامه‌ریزی و زمانبندی اثربخش، داشتن برنامه‌های نت پشگیرانه (PM) و نت پیشگويانه (PdM) و همچنین دارا بودن سطح

دسترسی خوب قطعات یدکی، زمان غیر مفید کاری را از بین برد؛ افزایش ۲۰ درصدی در نرخ بهره‌برداری نیروی کار نت خیلی ایده آل پردازانه است. آنگاه:

چنانچه سطح مینا برابر ۳۰٪ باشد و به میزان ۲۰ درصد بهبود داده شود و تا میزان ۵۰٪ افزایش یابد، آنگاه:
 - زمان مفید کاری حاصل از بهبود ۲۰ درصدی شاخص:
 $8320 = 12480 - (\text{زمان مفید کاری در نرخ } 30\%) - 20800$ (زمان مفید کاری در نرخ ۵۰٪)
 - این مقدار افزایش زمان مفید کاری در نرخ ۳۰٪ برابر است با افزایش معادل ۱۳ نفر نیرو:
 $13/3 = 624$ (میانگین زمان مفید به ازای یک نفر در نرخ ۳۰٪) / 8320 (زمان مفید کاری بدست آمده)
 - مقدار ارزش پولی حاصل از افزایش معادل ۱۳ نفر نیرو:
 $497952 = 52 \times (\text{هفته در سال}) \times 40 \times (\text{ساعت در هفته}) \times 13/3 \times (\text{نفر}) \times 18 \times (\text{نرخ پولی هر ساعت کار})$
 - در حقیقت ۶۷٪ افزایش در ظرفیت نیروی کار واقعی ایجاد می‌شود:
 $25\% = 748800$ (مقدار کل هزینه نیروی انسانی در یکسال) / 497952 (مقدار ارزش پولی بدست آمده)

با توجه به دو مثال فوق میتوان نتیجه گرفت که با یک برنامه افزایش زمان مفید کاری تا سطح ۱۰-۲۰ درصدی میتوان مقدار زمان مفید کاری را برای یک سازمان نت با ۲۰ نفر نیرو حدود ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ ساعت در سال افزایش داد این مقدار افزایش زمان مفید کاری باعث افزایش ۲۵ تا ۶۷ درصدی ظرفیت کاری نیروی نت می‌گردد. که این افزایش ظرفیت، معادل ۵ تا ۱۳ نفر نیروی کار نت خواهد بود و از نتیجه این بهبودها نزدیک به ۵۰۰/۰۰۰ واحد پولی بدست آمده است. برای انجام یک چنین برنامه‌ای به تجارب مفید و ارزنده‌ای از نت در موضوع برنامه‌ریزی و زمانبندی کارها و منابع، نیاز وجود دارد. استفاده از این نوع تجارب نیاز به برنامه‌ریز یا برنامه‌ریزان خبره‌ای در سازمان نت دارد. یک سیستم کامپیوتری مدیریت نگهداری و تعمیرات (CMMS)^{۱۶} می‌تواند پشتیبان خوبی برای انجام اینگونه برنامه‌ریزی‌ها باشد. همچنین برنامه‌ریزی موثر مواد و قطعات یدکی و داشتن نظام اثربخش PM کمک شایانی برای رسیدن به اهداف افزایش نرخ بهره‌برداری نیروی کار خواهد کرد.

۲. نرخ عملکرد نیروی کار نت (CP): دومین مؤلفه اثربخشی کلی نیروی کار نت، نرخ عملکرد

نیروی نت می‌باشد. این مؤلفه بیانگر چگونگی عملکرد واقعی نیروی کار نت در مقایسه با برنامه تنظیم شده و استانداردهای کاری می‌باشد. نرخ عملکرد نیروی کار نت بستگی به سطح مهارت فردی پرسنل دارد و تجربیات و سوابق کاری و مسایل انگیزشی در افزایش سطح مهارت تأثیر مستقیمی دارد. اجرای آموزشهای توسعه مهارت فردی و بهبودهای فنی نیز کمک شایانی برای این موضوع است. برخی از روش‌های کاری برای بهبود CP عبارتند از:

- رایة انواع آموزش‌های لازم به نیروهای نت نظیر آموزش‌های آشنایی با تئوری ماشین‌آلات، شناخت و کاربرد ابزار، شناخت اجزای ماشین و ارتباط آنها با یکدیگر، نقشه خوانی، رویه استفاده از مدارک فنی و دستورالعمل‌های عیب‌یابی^{۱۷}، و استمرار آموزش

16 - Computerised maintenance management system (CMMS)

17 - troubleshooting

- بهبود وضعیت اجزای ماشین جهت سهولت در امر نگهداری و تعمیرات نظیر تغییر یا حذف کاورها با رعایت اصول ایمنی، تسهیل برای انجام کار روغنکاری اجزا، تسهیل برای تعویض قطعات و...

- طراحی و ساخت انواع تسترها و ابزار برای کاهش زمان عیب‌یابی و رفع عیب
- بروز کردن و ساده کردن دستورالعمل‌های کاری نت
- استفاده از روش‌های مطالعه کار و بهبود کار

بطور مثال اگر زمان برنامه‌ریزی شده برای انجام یک فعالیت اورهال یا یک فعالیت PM، با توجه به رویه تعریف شده انجام کار، لیست قطعات یدکی مورد نیاز و ابزارآلات خاص برابر ۱۰ ساعت تعریف شده باشد آنگاه:

- چنانچه همین کار در ۱۲ ساعت انجام شود، نرخ عملکرد نیروی کار برابر است با: $12 \div 10 = 83\%$
- چنانچه همین کار در ۹ ساعت انجام شده باشد، نرخ عملکرد نیروی کار برابر است با: $9 \div 10 = 111\%$

برای برنامه‌ریزی و زمانبندی اثر بخش فعالیت‌های نت، داشتن تخمین‌های واقع بینانه‌ای از تمامی فعالیت‌های نت مورد نیاز می‌باشد. چنانچه فعالیت‌های نت حالت تکرارپذیر نداشته باشند؛ تخمین زمان فعالیت‌ها دشوارتر می‌شود. روشهای گوناگونی برای برآورد زمان انجام فعالیت‌ها وجود دارد که میتوان از آنها در نت نیز استفاده کرد:

- تخمین براساس تجربه: براساس دانش تعمیرکاران یا سرپرستان یا برنامه‌ریزان میتوان تخمین نسبتاً خوبی از کار بدست آورد. این روش بر جزئیات انجام کار تمرکز نمی‌کند و احتیاج به ابزار و تجهیزات خاص نیز ندارد.
- تخمین براساس سوابق گذشته: براساس استفاده از اطلاعات سوابق گذشته یا داده‌های ثبت شده در سیستم CMMS یا سایر سوابق می‌توان میانگین زمان انجام یک فعالیت را بدست آورد.
- تخمین براساس داده‌های استاندارد از قبل تعیین شده: جداول داده‌های استاندارد برای فعالیت‌های کوچک نت قابل استفاده است. از جمله روش UMS (Universal Maintenance standards) که از دهه ۱۹۷۰ برای تخمین زمان فعالیت‌های نت استفاده می‌شود.
- تخمین براساس ترازایی: با استفاده از روش Benchmarking و استفاده از داده‌های سایر واحدها یا شرکت‌ها.

۳. **نرخ کیفیت خدمت نیروی نت (CSQ):** مؤلفه سوم اثربخشی کلی نیروی کار نت به موضوع کیفیت خدمات ارائه شده از سوی نیروی کار نت ارتباط دارد. این مؤلفه شامل کیفیت واقعی کار یعنی تعداد کارهای برگشتی برای واحد نت جهت تعمیرات مجدد می‌شود. برگشت کار به واحد نت می‌تواند ناشی از اشتباه در عیب‌یابی و رفع عیب، احتمال صدمه زدن به اجزایی از ماشین در حین فرآیند تعمیر و اورهال یا ناشی از کیفیت نامطلوب قطعات یدکی استفاده شده، باشد.

تعداد برگشتی کار به واحد نت را می‌توان از سوابق و گزارش‌های CMMS استخراج کرد. از آنجا که فاکتور CSQ به عوامل گوناگونی در سیستم نت و سیستم‌های پشتیبانی آن برمی‌گردد، در تجزیه و تحلیل آن بایستی دقت زیادی نمود. مهم‌ترین راه‌حل برای افزایش هرچه بیشتر کیفیت کار نیروهای نت آموزش، آموزش و باز هم آموزش است. برخی دیگر از روش‌های کاری مورد استفاده برای افزایش CSQ عبارتند از:

- برنامه‌های افزایش مهارت کارکنان
- ایجاد سیستم‌های انگیزشی مثل کارانه برای سنجش عملکرد کارکنان نت
- ایجاد سیستم‌های تشویقی برای نتایج کارهای نت مثل کاهش شاخص توقفات خط تولید
- ایجاد سیستم‌های بازرسی و کنترل نت جهت نظارت فنی و کیفی بر کارها
- استفاده از تسترها و گیج‌ها برای کنترل نهایی تعمیرات و اورهال‌های انجام شده
- توسعه روش‌های مدیریتی نوین و استفاده از ابزاری مثل کارگروهی و نظام پیشنهادات

مثالی از کاربرد و محاسبه OCE: پس از شناسایی و محاسبه سه فاکتور تشکیل دهنده مقدار اثربخشی کلی نیروی کار نت، می‌توان مقدار OCE را از حاصل ضرب این سه فاکتور بدست آورد:

$$OCE = \%CU * \%CP * \%CSQ$$

بطور مثال اگر مقدار نرخ بهره‌برداری نیروی کار نت (CU) از ۳۰٪ به ۵۰٪ برسد و مقدار نرخ عملکرد کیفیت نیروی کار نت (CP) از ۸۰٪ به ۹۰٪ برسد. (با توجه به فرضیات مثال قبلی با سازمان نت ۲۰ نفر نیرو) آنگاه:

- مقدار ساعت کار مستقیم نیروی نت در یکسال $9984 = 80 \times (CP) \times 30 \times (CU) \times 52 \times (40 \times \text{ساعت در هفته}) \times 20 \times (\text{نفر})$
- مقدار ساعت کار مستقیم به ازای یک نفر: $499 = 9984 / 20$ (نفر)
- هزینه به ازای هر نفر ساعت کار: $75 = 9984 / 132800$ (ساعت کار مستقیم) / 748800 (کل هزینه نیروی کار در طول یکسال)
- مقدار ساعت کار مستقیم نیروی نت در یکسال پس از بهبود: $18720 = 90 \times (CP) \times 50 \times (CU) \times 52 \times (40 \times \text{ساعت در هفته}) \times 20 \times (\text{نفر})$
- مقدار ساعت کار مستقیم به ازای یک نفر پس از بهبود: $936 = 18720 / 20$
- هزینه به ازای هر نفر ساعت کار پس از بهبود: $40 = 748800 / 936$
- مقدار ساعت کار بدست آمده ناشی از بهبود: $8736 = 9984 - 18720$
- درصد بهبود در ساعت کار نیروی نت: $87 = 8736 / 9984 \times 100$
- معادل نیروی کار بدست آمده ناشی از بهبود: $17/4 = 20 \times 87$ (نفر) یا $17/4 = 8736 / 499$
- در صد بهبود در عملکرد نیروی کار: $87 = 75 \times 100 - 748800 \times 8736$ (حاصل کار)

مثال فوق نشان می‌دهد که افزایش OCE از طریق افزایش زمان مفید کاری، باعث ایجاد ظرفیت بالاتری از نیروی کار خواهد شد و بهبود نرخ عملکرد نیروی کار و ترکیب آن با بهبود نرخ بهره‌برداری نیروی کار، براحتی باعث سودآوری سازمان می‌گردد. که در این مثال حدود ۸۷٪ بوده است.

سه مثال فوق را در جدول زیر نشان می‌دهیم:

مطالعه موردی	قبل از بهبود	پس از بهبود	معادل نفر بدست آمده	معادل ارزش پولی بدست آمده
مثال یک	CU=۴۰٪	CU=۵۰٪	۵ نفر	۱۸۷۲۰۰

مثال دو	CU=۳۰٪	CU=۵۰٪	۱۳ نفر	۴۹۷۹۵۲
مثال سه	CU=۳۰٪ CP=۸۰٪	CU=۵۰٪ CP=۹۰٪	۱۷ نفر	۶۵۵۲۰۰

• **ترازیابی OCE:** از آنجا که OCE مفهوم جدیدی در سیستم‌های نت می‌باشد، لذا داده‌های کاربردی اندکی در این زمینه وجود دارد. برخی سازمان‌ها صرفاً به اندازه‌گیری نرخ بهره‌برداری نیروی کار نت یا زمان مفید کاری (CU%) اقدام کرده‌اند که در حد ۳۰ تا ۴۰ درصد پذیرفته شده است و بیشترین سطح آن ۷۰٪ می‌باشد. همچنین برخی از سازمان‌ها نیز اقدام به بررسی و اندازه‌گیری نرخ عملکرد نیروی نت کرده‌اند.

بهرحال ذکر این نکته مهم است که اندازه‌گیری و بهبود بهره‌وری منابع نیروی کار برای یک سیستم نت مبتنی بر سودآوری و همچنین افزایش قابلیت اطمینان بسیار ضروری است. در جدول زیر امتیازات سیستم برای شاخص OCE در سه سطح ضعیف، متوسط و خوب تعریف شده است:

مؤلفه شاخص	محدوده امتیازات		
	ضعیف	متوسط	خوب
نرخ بهره‌برداری نیروی کار نت (CU%)	۳۰٪	۵۰٪	۷۰٪
نرخ عملکرد نیروی کار نت (CP%)	کمتر از ۸۰٪	۹۰٪	۹۵٪
نرخ کیفیت خدمات نت (CSQ%)	کمتر از ۹۰٪	۹۵٪	۹۸٪
مقدار شاخص OCE	۲۲٪	۴۳٪	۶۵٪

بنابراین امتیاز ۶۵٪ برای شاخص OCE می‌تواند برای یک سیستم نت، قابل قبول باشد. این در حالی است که در ترازیبی شاخص OEE این‌طور فرض می‌شود که هر کدام از مؤلفه‌های دسترسی، کارایی و کیفیت در بهترین شرایط در اندازه ۹۵٪ خواهد بود و بنابراین مقدار OEE برابر ۸۵٪ می‌شود: $OEE = 95\% \times 95\% \times 95\% = 85\%$ ذکر این نکته نیز لازم است که حد بهینه شاخص OEE و همچنین OCE بستگی به نوع کار، حجم و اندازه کار، سطح و درصد مکانیزاسیون و... ممکن است متفاوت باشد. از آنجا که نرخ کیفیت خدمات نت در حد بسیار بالایی فرض شده، رسیدن بر آن حد برای هر سیستم نت بسیار ضروری می‌باشد، برای بهبود این فاکتور استفاده از روشهای مختلف برنامه‌ریزی و تعیین روش کاری نت، استفاده از ابزارآلات خاص در امر عیب‌یابی و رفع عیب، اصلاح دستورالعمل‌های تعمیراتی، استفاده از وسایل و تسترهای فراصوتی مؤثر خواهد بود. چنانچه سطح بالایی از CSQ توسط سازمان تأمین شده باشد، برای بهبود سایر شاخص‌های OCE میتوان از فاکتور بهبود یافته CSQ صرف‌نظر کرد که در این صورت فرمول OCE به صورت $OCE = CU\% \times CP\%$ تبدیل خواهد شد.

جمع بندی: از آنجا که واحد نت همیشه با درخواست‌های اضطراری روبرو می‌باشد نمی‌تواند در یک زمان خاص پاسخگوی همه نیازها باشد. راههای احتمالی در این وضعیت استفاده از اضافه کاری یا استفاده از پیمانہ سپاری نت می‌باشد. اما با بهبود فاکتورهای OCE میتوان این مشکل را حل کرد. در مقایسه با OEE که سطح دسترسی، نرخ عملکرد و نرخ کیفیت خروجی ماشین آلات و تجهیزات را بهبود می‌بخشد، شاخص OCE باعث بهبود ظرفیت کاری، نرخ عملکرد و نرخ کیفیت کاری نیروهای نت می‌شود. بهبود OCE باعث کاهش زمان اضافه کاری سیستم نت، بهینه‌تر و کاملتر شدن برنامه‌های Pm/Pdm و کاهش دوباره کاری و ضایعات، در سیستم نت می‌شود.

منابع و مراجع:

- کتاب "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر" - انتشارات مؤسسه مهندسن نگهداری و تعمیرات ژاپن - نشر سازمان مدیریت صنعتی - ترجمه علی حاج شیرمحمدی
- کتاب "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع" - تالیف گروه مهندسی صنایع دانشگاه میشیگان - انتشارات سازمان مدیریت صنعتی - ترجمه سید حسن افتخاریان
- مقاله "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع، تروتکنولوژی و TQM" - هوشنگ رستمیان - مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی نت
- مقاله "بهره جویی از سیستم اندازه‌گیری کارایی تجهیزات OEE" - رضا ارغنده و همکاران - مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی نت
- مقاله "طراحی و پیاده‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع در شرکت نساجی بابکان - رضا توکلی مقدم و همکاران - مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی نت
- مقاله "نگهداری بهره‌ور جامع و مدل‌های تلفیقی آن با تکنیک‌ها و سیستم‌های کیفیت" - آرش شاهین - مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی نت
- مقاله "OEE شاخص سیاست گذاری در نت" - حسین معین‌زاد - مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی نت
- Strategic dimensions of maintenance management – Albert H.C – Tsang- The hong kong polytechnic university
- www.oeo.com
- www.Plant-maintenance.com
- www.pride-in-maintenance.com