

# راهکار افزایش اثربخشی OCM در کنترل آلودگی‌ها با استفاده از TPM (مطالعه موردی)

سید جواد حسینی<sup>\*۱</sup>، علیرضا مسعودی<sup>۲</sup>، کاظم حکمت<sup>۳</sup>  
قرب کربلا مرکز آموزش عالی جهاد دانشگاه جامع امام حسین (ع)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۰۶

## چکیده

در این مقاله به بررسی سوابق نتایج آنالیز روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو در کارگاه سد مخزنی آغ چای و آلودگی‌های موجود در نمونه‌های روغن که توسط آنالیز روغن شناسائی گردید و همچنین بررسی علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها پرداخته شده است. در این راستا ابتدا علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌های خاک، سوخت و آب از دیدگاه فنی و OCM<sup>۴</sup> مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته، سپس این علل از دیدگاه TPM<sup>۵</sup> بررسی و مشخص شده است و در ادامه مؤلفه‌های افزایش اثربخشی نت موتور ماشین‌آلات کوماتسو از دیدگاه TPM و نقش و تأثیر OCM<sup>۶</sup> در تعیین هر یک از مؤلفه‌های فوق‌الذکر مشخص گردیده و در نهایت راهکارهای افزایش اثر بخشی OCM با رویکرد TPM در قالب یک مدل ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز روغن، نت بهره‌ور فراگیر، آلودگی‌ها، اثربخشی.

## ۱- مقدمه

وضعیت از طریق آنالیز روغن است. در این روش با انجام آزمایشات مختلف بر روی روغن به بررسی رفتارهای فرسایشی، ویژگی‌های فنی و آلودگی‌های محیطی ایجاد شده در قسمت‌های مختلف ماشین‌آلات پرداخته و از طریق تحلیل و تفسیر نتایج آنالیز روغن، می‌توان آلودگی‌های ایجاد شده در ماشین‌آلات را شناسایی نموده و نسبت به برطرف کردن آنها اقدام نمود. چنانچه آنالیز روغن به صورت صحیح و اصولی پیاده‌سازی و اجرا نگردد، نمی‌تواند وضعیت سلامت دستگاه را به درستی بیان نماید و یا به عبارتی رفتارهای فرسایشی و آلودگی‌های محیطی ایجاد شده مخفی می‌مانند.

عوامل مختلفی از قبیل استراتژی مناسب نت، منابع مالی کافی، امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، تجهیزات و ابزارآلات خوب، نیروی انسانی متخصص و متعهد و غیره می‌توانند در اثر بخشی نت و به تبع آن اثربخشی OCM مؤثر باشند. اما منابع انسانی متخصص و متعهد نقش و تأثیر به‌سزایی دارند. سازمان‌ها و مجموعه‌های زیادی وجود دارند که با وجود کمبودهای مختلف در زمینه‌های مالی، امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، تجهیزات و ابزارآلات اما با داشتن نیروی متخصص و دلسوز، نت موفق و اثربخشی داشته‌اند و

مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن یکی از مهم‌ترین دستاوردها در نگهداری و تعمیرات پیش‌گویانه تجهیزات است. این روش ابزاری است که برای ارزیابی وضعیت دستگاه، شناسایی ریسک‌های خرابی، امکان پیش‌بینی عیوب و آلودگی‌ها برای جلوگیری از عواقب هزینه بر و افزایش طول عمر دستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

امروزه در صنایع مختلف به‌کارگیری فناوری مراقبت وضعیت، به‌عنوان روش مؤثری در شناسائی آلودگی‌ها در آستانه پیدایش آنها، در سیستم‌های مکانیکی شناخته می‌شود. یکی از شاخه‌های فناوری مراقبت وضعیت که در ماشین‌آلات پروژه‌های عمرانی استفاده می‌شود، مراقبت

\*۱- کارشناس ارشد مهندسی نت، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: Sjh.zolan@gmail.com، نشانی: تهران، شهرک اکباتان، بلوار شهید لطیفی، کوچه تیرداد، پلاک ۹

۲- دکتری مهندسی مکانیک، عضو هیأت علمی مرکز آموزش عالی جهاد، پست‌الکترونیکی: atk@alborztdabir.com

۳- عضو هیأت علمی دانشگاه جامع امام حسین (ع)، پست‌الکترونیکی: hekmat37@gmail.com

4- Condition Monitoring  
5- Total Productive Maintenance  
6- Oil Condition Monitoring

ج) مواد حاصل از سایش قطعات ماشین که وارد روغن می‌شوند.

در آزمایش‌های تحلیل روغن مقدار مواد حاصل از سایش محل‌های مختلف و منشأ مواد خارجی و آلودگی‌ها مشخص می‌گردد. برخی سایش‌ها مجاز و قابل پیش‌بینی هستند، اما وجود سایش‌های غیرمجاز می‌تواند نشان‌دهنده مسئله‌ای باشد که عامل خرابی یکی از اجزای اصلی دستگاه شود. پیش‌بینی خرابی و اقدام تعمیراتی در جهت رفع آن در کاهش هزینه‌های تعمیر، آسیب‌ها و خرابی‌ها، افزایش عمر ماشین و کاهش زمان صرف‌شده برای تعمیرات نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کند.

نمونه روغن گرفته شده از این نظر که باید بیانگر وضعیت کل روغن ماشین باشد، بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا نتایج تحلیل روغن تنها براساس تحلیل نمونه گرفته شده بیان می‌شود. لذا همیشه قبل از نمونه‌برداری بایستی روغن گرم باشد. بایستی نمونه‌گیری پیوسته و یکسان باشد. بهترین زمان برای نمونه‌گیری، درست پس از توقف دستگاه است. [۳].

#### ۲-۲- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM)

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر در موارد زیاد با عنوان نت بهره‌وری که توسط همگی کارکنان اعمال می‌گردد تعریف می‌شود و بر این اصل استوار است که در بهسازی تجهیزات و ماشین‌آلات، همه افراد سازمان، از کاربران و کارکنانی که به‌طور مستقیم با ماشین‌آلات و تجهیزات مشغول کارند تا مدیریت‌های رده بالا باید درگیر باشند [۴].

آقای روبرت م ویلیامسون<sup>۱</sup> مفهوم نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر را این‌گونه بیان می‌کند [۱]:

**اولاً:** روشی برای انجام کار گروهی جهت بهبود کارایی تجهیزات در کارخانجات می‌باشد. بدین معنی که نه تنها بخش نت، بلکه هر فردی که با تجهیزات کار می‌کند و یا خدماتی را برای آنها انجام می‌دهد باید به‌دنبال روش‌هایی برای حفظ تداوم کارایی تجهیزات در زمان‌های تولید با حداکثر توان و با بالاترین سطح ممکن کیفیت و بازدهی باشد.

بالعکس سازمان‌هایی که با وجود داشتن منابع مالی و تجهیزاتی مناسب اما به‌دلیل عدم توجه به استفاده از نیروی انسانی متخصص و متعهد در داشتن نت مؤثر و کارآمد ناموفق بوده‌اند.

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور آن اندازه که تفکر، ساختار، عادت، دانش، مهارت و عقاید است، فناوری و ابزار نیست [۱]. لذا با توجه به این ویژگی مهم می‌توان علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها را از نگاه TPM مورد بررسی قرار داده و ضمن تعیین مؤلفه‌های افزایش اثربخشی نت، نسبت به ارائه راهکارهایی جهت افزایش اثربخشی OCM با رویکرد TPM در قالب یک مدل اقدام نمود.

#### اهداف اصلی تحقیق

- الف) تبیین مؤلفه‌های افزایش اثربخشی در نت موتور ماشین‌آلات کوماتسو در کارگاه مورد مطالعه با رویکرد TPM
- ب) افزایش تأثیر OCM در بهبود مؤلفه‌های فوق‌الذکر از دیدگاه TPM
- ج) کاهش هزینه‌های نت
- د) افزایش آماده‌بکاری موتور ماشین‌آلات کوماتسو
- ه) کاهش فعالیت‌های نت
- و) افزایش قابلیت عملیاتی ماشین‌آلات کوماتسو
- ز) افزایش عمر موتور ماشین‌آلات کوماتسو

#### ۲- ادبیات موضوع

##### ۲-۱- آنالیز روغن

در روش تحلیل روغن، نمونه را بررسی کرده و خصوصیات و مواد مختلف حاصل از سایش و غیره را در روغن موتور، جعبه دنده و یا سیستم هیدرولیک نشان می‌دهد. هم‌چنین این روش نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل بر پایه سایش‌های مجاز صورت گرفته و سایش‌ها و محتویات غیرمجاز موجود در روغن را نشان می‌دهد. اساس کار تحلیل روغن عبارتست از: انعکاس وضعیت دقیق ماشین برای یک دوره زمانی معین از طریق نشان دادن وضعیت دستگاه‌های مکانیکی در حال کار. به‌طور کلی می‌توان مواد خارجی موجود در داخل روغن را به سه دسته تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از [۲]:

- الف) موادی که در اثر تغییرات فیزیکی و شیمیایی روغن (از قبیل اکسیداسیون در روغن و غیره) به‌وجود می‌آیند.
- ب) مواد خارجی از قبیل خاک، ضدیخ و آب و سوخت که وارد روغن می‌شوند.

1 - Robert m. williamson

**ثانیاً:** در اجرای TPM فرهنگ احساس مالکیت نسبت به تجهیزات به وجود می‌آید، کارکنان با تجهیزات خود به‌گونه‌ای رفتار می‌کنند که انگار وسیله نقلیه خودشان است.

**ثالثاً:** TPM نیازمند آن است که اپراتورها برای انجام برخی وظایف که قبلاً کار بخش نت تصور می‌شدند، آموزش داده شوند.

**و سرانجام اینک:** هشتاد درصد از موفقیت TPM در سازمان، بستگی به حسن معاشرت و روابط نیروی انسانی خواهد داشت و TPM آن اندازه که تفکر، ساختار، عادت، دانش، مهارت و عقاید است، فناوری و ابزار نیست.

### ۳- مطالعات میدانی

۳-۱- سوابق آزمایشات آنالیز روغن و سرویس‌های نت در کارگاه مورد مطالعه

نتایج آزمایشات ۲۷۲ نمونه روغن موتورهای کوماتسو در کارگاه مورد مطالعه از ابتدای سال ۱۳۸۴ (آغاز اجرای آنالیز

روغن) تا تاریخ ۱۳۸۹/۴/۳۱ مورد بررسی قرار گرفت که وضعیت نمونه‌ها به لحاظ آلودگی‌های (خاک، سوخت و آب) و به لحاظ وضعیت عناصر فرسایشی (Fe, Cr, Pb, Cu, Sn, Al) به شرح جدول (۱) می‌باشد.

از ۲۷۲ نمونه روغن آنالیز شده، آلودگی ۱۰ نمونه در وضعیت مرزی سریع و بحرانی قرار داشت که از این تعداد ۴ مورد دارای وضعیت بحرانی و ۶ مورد دیگر در وضعیت مرزی سریع بود. شاید این موضوع تأکیدی بر وضعیت مناسب سطح سلامت موتور ماشین‌آلات باشد!

پایین بودن میزان آلودگی‌ها و عناصر فرسایشی در نمونه‌های روغن آنالیز شده ماشین‌آلات کوماتسو در کارگاه مورد مطالعه در نگاه اول سطح سلامت بالای ماشین‌آلات را نشان می‌دهد. اما این سطح سلامت در مقایسه با آنچه در عمل اتفاق می‌افتاد متفاوت بود و موتور ماشین‌آلات از سلامت خوبی برخوردار نبودند.

جدول (۱): میزان آلودگی‌ها (خاک، سوخت و آب) و عناصر فرسایشی در روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو (جامعه آماری)

عناصر	آهن	کروم	سرب	Cu	مس	Sn	قلع	Al	آلومینیوم	Si	سیلیس	Fuel	سوخت	Water	آب	درصد
درصد نمونه‌ها با وضعیت عادی	82.4%	85.3%	93.0%	94.1%	99.6%	96.3%	94.5%	98.9%	98.5%							
درصد نمونه‌ها با وضعیت مرزی	14.7%	11.4%	4.8%	4.0%	0%	1.8%	3.7%	0.0%	0.7%							
درصد نمونه‌ها با وضعیت مرزی سریع	2.6%	2.2%	1.1%	0.7%	0.4%	0.4%	0.4%	1.1%	0.7%							
درصد نمونه‌ها با وضعیت بحرانی	0.4%	1.1%	1.1%	1.1%	0%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%							
درصد نمونه‌ها با وضعیت مرزی سریع + بحرانی	2.9%	3.3%	2.2%	1.8%	0.4%	1.8%	1.8%	1.1%	0.7%							
درصد نمونه‌ها با وضعیت مرزی + بحرانی	17.6%	14.7%	7.0%	5.9%	0.4%	3.7%	5.5%	1.1%	1.5%							

جدول (۲): برخی معایب نمونه‌های ارسالی جهت آنالیز روغن براساس گزارش‌های آزمایشگاه

ردیف	نوع دستگاه	عدم رعایت فواصل نمونه‌گیری		عدم ثبت کارکرد روغن		عدم ثبت کارکرد دستگاه	
		تعداد	درصد*	تعداد	درصد	تعداد	درصد
۱	بلدوزر	۳۳	۱۲٪	۵	۲٪	۶۱	۲۳٪
۲	لودر	۳۳	۱۲٪	۳	۱٪	۵۰	۱۸٪
۳	گریدر	۹	۴٪	۲	۱٪	۱۸	۷٪
۴	بیل مکانیکی	۲۳	۸٪	۰	۰٪	۱۲	۴٪
جمع کل		۹۸	۳۶٪	۱۰	۴٪	۱۴۱	۵۲٪

\* درصد، نسبت تعداد به کل نمونه‌های روغن (۲۷۲ نمونه) می‌باشد.

جدول (۳): علل ریشه‌ای پیدایش آلودگی‌ها در روغن موتورهای ماشین‌آلات کوماتسو براساس بررسی‌های فنی

ردیف	علل ریشه‌ای پیدایش آلودگی‌ها از نظر فنی	آلودگی خاک	آلودگی سوخت	آلودگی آب
۱	آلودگی روغن نو و یا انبار کردن نامناسب آن	✓		✓
۲	آلودگی ظروف نگهداری و حمل روغن	✓	✓	✓
۳	آلودگی از طریق درپوش محل سر ریز روغن و گیج نشان دهنده میزان روغن	✓		✓
۴	آلودگی از طریق فیلتر هواکش، بخارکش، لوله‌ها و اتصالات هوارسانی	✓		
۵	آلودگی از طریق آب‌بندها، گردگیرها و واشرهای صدمه دیده	✓		✓
۶	آلودگی قطعات نو در هنگام تعمیر	✓	✓	
۷	آلودگی در حین سرویس	✓		
۸	عدم دقت در هنگام نمونه‌برداری	✓	✓	✓
۹	محیط آلوده و نامناسب کاری	✓		✓
۱۰	نشستی یا معیوب بودن پمپ انژکتور		✓	
۱۱	نشستی پمپ سه گوش		✓	
۱۲	کیفیت پائین سوخت (سطح تمیزی)		✓	
۱۳	تنظیم نبودن موتور		✓	
۱۴	نشست سوخت از لوله‌های سوخت رسانی داخل موتور		✓	
۱۵	رینگ یا واشر فرسوده موتور	✓	✓	✓
۱۶	استفاده نادرست از دستگاه و درجا کار کردن بیش از حد		✓	
۱۷	نشست آب از سیستم خنک کننده داخلی موتور			✓
۱۸	خرابی واشر سرسیلندر و یا آچارکشی نامناسب سرسیلندر	✓		✓
۱۹	دمای کار پائین موتور			✓

تعمیرکاران، علل ریشه‌ای پیدایش آلودگی‌های خاک، سوخت و آب از نظر فنی به شرح جدول (۳) مشخص گردید.

### ۳-۳- علل ریشه‌ای مخفی ماندن آلودگی‌ها از دیدگاه CM

پس از بررسی‌های میدانی، بررسی سوابق نت و نتایج آنالیز روغن و همچنین اخذ نظر کارشناسان نت مشخص گردید عواملی که باعث شد آلودگی‌ها مخفی بمانند و عیوب موتور ماشین‌آلات کوماتسو به‌طور کامل از طریق آنالیز روغن قابل شناسایی نباشد و نتوان پیش از بروز صدمات جدی پیشگیری نمود به شرح جدول (۴) می‌باشد.

براساس سیاست‌های نت کارگاه مورد مطالعه، روش نمونه‌گیری مستمر و منظم زمان‌بندی شده برای روغن موتور ماشین‌آلات اتخاذ گردید. بر اساس این سیاست و با توجه به کارکرد ماشین‌آلات کوماتسو می‌بایست حدود ۶۴۱ نمونه روغن جهت آنالیز ارسال می‌شد اما در عمل تنها ۲۷۲ نمونه ارسال و آنالیز شده است. برای همین تعداد نمونه ارسال نیز بیش از ۹۸ بار معادل ۳۶٪ کل نمونه‌ها، آزمایشگاه برای عدم رعایت فواصل نمونه‌گیری تذکر داده است. در ۴٪ از نمونه‌های ارسال کارکرد روغن ثبت نشده است و نزدیک به ۵۲٪ نمونه‌ها نیز فاقد ثبت کارکرد دستگاه بوده‌اند.

### ۳-۲- علل ریشه‌ای پیدایش آلودگی‌ها از نظر فنی

پس از بررسی‌های میدانی و بررسی سوابق نگهداری و تعمیرات موتور ماشین‌آلات کوماتسو در کارگاه مورد مطالعه و برگزاری جلسات هم‌فکری با کارشناسان نت و

جدول (۴): علل ریشه‌ای مخفی ماندن آلودگی‌ها از دیدگاه CM

ردیف	علل ریشه مخفی ماندن آلودگی‌ها
۱	عدم ثبت کارکرد دستگاه و روغن موتور در نمونه‌های ارسالی
۲	عدم رعایت فواصل نمونه‌گیری و اجرای شیوه نمونه‌گیری منظم و برنامه‌ریزی شده (SOS <sup>۱</sup> )
۳	نمونه‌گیری پس از سرریز روغن و یا در پایان کارکرد روغن و هنگام تعویض روغن
۴	عدم ارسال تعداد کافی نمونه روغن برای آنالیز و ارسال نمونه‌ها با تأخیر
۵	عدم پیگیری جهت دریافت به‌موقع نتایج آنالیز روغن
۶	عمل نکردن به توصیه‌های آزمایشگاه و عدم تعامل خوب بین کارشناسان OCM کارگاه و آزمایشگاه
۷	آموزش ناکافی و انجام نمونه‌گیری به روش غیرصحیح و عدم آشنایی با آزمایش‌های انجام شده و محدودیت‌های آنها
۸	مد نظر قرار ندادن توصیه‌های سازندگان تجهیزات و تولیدکنندگان روغن و عدم توجه به شرایط کارکرد و بارگذاری دستگاه
۹	نداشتن سازمان مشخص از نظر نیروی انسانی، تخصیص بودجه، امکانات و غیره
۱۰	توجه نبودن مدیران و مسئولین نسبت به اهمیت اجرای OCM در سازمان
۱۱	نداشتن نظارت و بازرسی بر اجرای دقیق OCM به‌خصوص در اجرای توصیه‌های آزمایشگاه
۱۲	عدم استفاده از شبکه اینترنتی به‌منظور تسریع در دریافت نتایج و تبادل اطلاعات با آزمایشگاه
۱۳	نداشتن یک بانک اطلاعاتی جامع و ثبت اطلاعات مفید و مورد نیاز

جدول (۵): نگاشت علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها از دیدگاه TPM

ردیف	علل پیدایش آلودگی‌های از دیدگاه TPM	آلودگی خاک	آلودگی آب	آلودگی سوخت	مخفی ماندن آلودگی‌ها
۱	عدم رعایت نظافت و نظم و ترتیب در محیط کار	✓	✓	✓	
۲	عدم آموزش و مهارت ناکافی نیروی انسانی	✓	✓	✓	✓
۳	عدم توجه به اشکالات جزئی و نهانی به‌عنوان عامل اصلی خرابی‌های اضطراری	✓	✓	✓	
۴	عدم اجرای بازرسی‌های روزانه و دوره‌ای	✓	✓		
۵	بهره‌برداری نادرست از ماشین‌آلات و تجهیزات و عدم توجه به پیشگیری فراگیر	✓	✓	✓	
۶	عدم وجود فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات	✓	✓	✓	✓
۷	عدم توجه به واگذاری برخی فعالیت‌های نت به رانندگان (نت خود کنترلی)	✓	✓	✓	✓
۸	عدم اجرای صحیح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)	✓	✓	✓	✓
۹	عدم دسترسی به‌موقع به مواد و قطعات مورد نیاز و بی‌کیفیتی به‌دلیل	✓	✓	✓	
۱۰	انبار نمودن بیش از نیاز قطعات در انبارها و از دست رفتن کیفیت	✓	✓	✓	
۱۱	عدم اجرای سیاست‌های تشویقی و تنبیهی مناسب و بی‌انگیزگی نیروی انسانی	✓	✓	✓	✓
۱۲	عدم انجام کار به‌صورت گروهی، هماهنگ و فراگیر	✓	✓	✓	✓
۱۳	عدم توجه به مشکلات به‌صورت عمدی				✓
۱۴	نداشتن بانک جامع کامپیوتری سوابق نت (CMMS)				✓
۱۵	بررسی و تجزیه و تحلیل ضعیف روند فرسایش‌ها				✓
۱۶	عدم توجه مدیران به امر آموزش و ارتقاء سطح دانش نیروی انسانی				✓
۱۷	عدم آگاهی و توجه مدیران به اجرای CM				✓

1- Scheduled Oil Sampling

### ۴-۳- علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌های خاک، سوخت و آب از دیدگاه TPM

پس از شناسایی علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌های خاک، آب و سوخت در موتور ماشین‌آلات کوماتسو، هر یک از این علل از نگاه نگهداری و تعمیرات بهره‌ور نیز مورد بررسی قرار گرفت و طبق تحقیقات صورت گرفته در این پروژه هر یک از علل مذکور می‌تواند به تنهایی چندین علت از دیدگاه TPM داشته باشد. به‌طور خلاصه علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌های خاک، سوخت و آب از دیدگاه TPM در جدول (۵) نشان داده شده است.

### ۴-۵- علل اصلی پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها در کارگاه مورد مطالعه

پس از انجام تحقیقات و مطالعات میدانی، جهت استفاده از نظر و تجربیات خبرگان پرسش‌نامه‌ای شامل چهار جدول طراحی گردید. در جداول ۱۶ سؤال مربوط به علل پیدایش آلودگی خاک، ۱۶ سؤال مربوط به علل پیدایش آلودگی آب، ۱۴ سؤال مربوط به علل پیدایش آلودگی سوخت و ۱۴ سؤال علل مربوط به مخفی ماندن آلودگی در روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو مطرح گردید و از ۱۹ نفر از کارشناسان و خبرگان مؤسسه نظرسنجی شد. اعداد مربوط به جواب‌ها برای سؤالات پاسخ داده شده توسط خبرگان در نرم‌افزار SPSS وارد شده و این عمل برای کلیه افراد خبره پاسخ دهنده به سوالات تکرار شد. در نهایت مقدار عددی آزمون آلفای کرونباخ مربوط به پرسش‌نامه آلودگی خاک  $\alpha = 0.773$ ، پرسش‌نامه آلودگی آب  $\alpha = 0.779$ ، پرسش‌نامه آلودگی سوخت  $\alpha = 0.714$  و پرسش‌نامه مخفی ماندن آلودگی‌ها  $\alpha = 0.707$  به دست آمد که با توجه به اعداد به دست آمده این پرسش‌نامه‌ها از پایداری مناسبی برخوردار بوده‌اند. در نهایت علل اصلی پیدایش و مخفی ماندن هر یک از آلودگی‌های اصلی روغن (خاک، آب و سوخت) به ترتیب به شرح جدول (۶) تعیین گردید.

### ۴- تحلیل‌ها و راهکارها

#### ۴-۱- تحلیل‌ها

با یافتن علل اصلی آلوده شدن روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو و رفع آنها می‌توان از پیدایش مجدد آلودگی در روغن جلوگیری نموده و در نتیجه میزان فرسایش و بروز عیوب را کاهش داد. با کاهش میزان فرسایش و عیوب در موتور ماشین‌آلات کوماتسو، اهداف نت در موتورهای مذکور محقق خواهد شد. یعنی فعالیت‌های نت و به تبع آن هزینه‌های نت کاهش یافته و میزان آماده به کاری، قابلیت عملیات و عمر موتورهای ماشین‌آلات کوماتسو افزایش خواهد یافت. لذا مؤلفه‌های افزایش اثر بخشی در نت موتور ماشین‌آلات کوماتسو با رویکرد TPM به شرح زیر می‌باشد.

(الف) رعایت نظافت و تمیزی در محیط کار

(ب) آموزش نیروی انسانی

(ج) اجرای بازرسی‌های روزانه و دوره‌ای

(ه) استفاده از نیروی انسانی ماهر

(و) وجود فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات در کارکنان

(ز) اجرای صحیح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)

(ح) داشتن بانک جامع کامپیوتری سوابق نت (CMMS<sup>1</sup>)

(ط) بررسی و تجزیه و تحلیل صحیح روند فرسایش‌ها

(ی) آگاهی و اهتمام مدیران به اجرای CM

#### ۴-۱-۱- نقش و تأثیر مؤلفه‌های افزایش اثر بخشی نت بر اثر بخشی OCM

همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد و در بررسی‌های میدانی و تحلیل نتایج آنالیز روغن مشخص گردید، از نظر فنی و CM علل مختلفی منشأ پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌های خاک، آب و سوخت می‌باشند که با برنامه‌ریزی صحیح و اقدامات به‌موقع می‌توان این علل را کاهش داده و به تدریج حذف نمود و آنالیز روغن را اثر بخش‌تر نمود. براساس تحقیق انجام شده و نظر خبرگان، مؤلفه‌های افزایش اثر بخشی نت از دیدگاه TPM در کاهش و حذف منشأ پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها بسیار اثرگذار هستند. به‌همین منظور در جدول (۷) اثرگذاری هر یک از مؤلفه‌های فوق‌الذکر بر منشأ پیدایش و مخفی ماندن این آلودگی‌ها نشان داده شده است.

1- Computerized Maintenance Management System

جدول (۶): علل عمده پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها در روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو از نظر کارشناسان و خبرگان

ردیف	شرح علل اصلی	آلودگی خاک	آلودگی آب	آلودگی سوخت	مخفی ماندن آلودگی‌ها
۱	عدم رعایت نظافت و تمیزی در محیط کار	✓			
۲	عدم آموزش نیروی انسانی	✓	✓	✓	✓
۳	عدم اجرای بازرسی‌های روزانه و دوره‌ای	✓	✓		
۴	نداشتن مهارت کافی نیروی انسانی	✓	✓	✓	
۵	عدم وجود فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات	✓	✓	✓	✓
۶	عدم اجرای صحیح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)	✓	✓	✓	✓
۷	نداشتن بانک جامع کامپیوتری سوابق نت (CMMS)				✓
۸	بررسی و تجزیه و تحلیل ضعیف روند فرسایش‌ها				✓
۹	عدم آگاهی و توجه مدیران به اجرای CM				✓

جدول (۷): نقش و تأثیر هر یک از مؤلفه‌های اثر بخشی نت موتور ماشین‌آلات کوماتسو از دیدگاه TPM بر اثر بخشی OCM

ردیف	علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها بر اساس بررسی‌های فنی و CM	مؤلفه‌های افزایش اثر بخشی در نت موتور ماشین‌آلات کوماتسو از دیدگاه TPM													
		رعایت نظافت و تمیزی در محیط کار	آموزش نیروی انسانی	اجرای بازرسی‌های روزانه و دوره‌ای	استفاده از نیروی انسانی ماهر	نسبت به ماشین‌آلات در کارکنان	وجود فرهنگ احساس مالکیت	تعمیرات پیشگیرانه (PM)	اجرای صحیح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)	سوابق نت (CMMS)	داشتن بانک جامع کامپیوتری	صحیح روند فرسایش‌ها	بررسی و تجزیه و تحلیل	اجرای CM	آگاهی و اهتمام مدیران به
۱	آلودگی روغن نو	✓	✓	✓											
۲	آلودگی ظروف نگهداری و حمل روغن	✓	✓												
۳	آلودگی روغن از طریق درپوش محل سر ریز روغن	✓	✓												
۴	آلودگی روغن از طریق فیلتر هواکش	✓	✓	✓											
۵	آلودگی روغن از طریق گیج نشان دهنده میزان روغن	✓	✓												
۶	آلودگی روغن در حین سرویس	✓	✓		✓										
۷	انبار کردن نامناسب روغن		✓												
۸	آلودگی روغن از طریق بخارکش، لوله‌ها و اتصالات هوارسانی		✓	✓	✓										
۹	آلودگی روغن از طریق آب بندها، گردگیرها و واشرهای صدمه دیده		✓	✓	✓										
۱۰	آلودگی روغن از طریق قطعات نو و در هنگام تعمیر	✓	✓		✓										
۱۱	عدم دقت در هنگام نمونه‌برداری		✓												
۱۲	فرسودگی رینگ پیستون موتور		✓		✓							✓			
۱۳	معیوب بودن واشر سرسیلندر موتور		✓		✓							✓			
۱۴	نشست آب از سیستم خنک کننده داخلی موتور		✓		✓							✓			
۱۵	آچارکشی نامناسب سرسیلندر		✓		✓										
۱۶	کار موتور در دمای پایین		✓												
۱۷	نشستی یا معیوب بودن پمپ انژکتور		✓		✓							✓			
۱۸	نشستی پمپ سه گوش		✓		✓							✓			
۱۹	استفاده از سوخت با کیفیت پایین		✓		✓										
۲۰	تنظیم نبودن موتور		✓		✓										
۲۱	نشست سوخت از لوله‌های سوخت‌رسانی داخل موتور		✓		✓										

ردیف	علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها بر اساس بررسی‌های فنی و CM	مؤلفه‌های افزایش اثر بخشی در نت موتور ماشین‌آلات کوماتسو از دیدگاه TPM										
		رعایت نظافت و تمیزی در محیط کار	آموزش نیروی انسانی دوره‌های	اجرای بازرسی‌های روزانه و دوره‌های	استفاده از نیروی انسانی ماهر	نسبت به ماشین‌آلات در کارکنان	وجود فرهنگ احساس مالکیت	تعمیرات پیشگیرانه (PM)	اجرای صحیح نگهداری و سوانق نت (CMMS)	داشتن بانک جامع کامپیوتری صحیح روند فرسایش‌ها	بررسی و تجزیه و تحلیل	آگاهی و اهتمام مدیران به اجرای CM
۲۲	استفاده نادرست از دستگاه و درجا کارکردن بیش از حد موتور		✓		✓							
۲۳	عدم ثبت کارکرد دستگاه و روغن موتور در نمونه‌های ارسالی		✓			✓	✓	✓				
۲۴	عدم اجرای شیوه نمونه‌گیری منظم و رعایت فواصل نمونه‌گیری		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۲۵	عدم ارسال به‌موقع و تعداد کافی نمونه روغن برای آنالیز		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۲۶	عدم پیگیری جهت دریافت به‌موقع نتایج آنالیز روغن		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۲۷	عمل نکردن به توصیه‌های آزمایشگاه و نداشتن تعامل خوب بین کارشناسان OCM کارگاه و آزمایشگاه		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۲۸	عدم انجام نمونه‌گیری به روش صحیح		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۲۹	عدم آشنایی با آزمایش‌های انجام شده و محدودیت‌های آنها		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۰	محیط کثیف و نامناسب برای کار	✓				✓	✓	✓	✓	✓		
۳۱	مد نظر قرار ندادن توصیه‌های سازندگان تجهیزات و تولیدکنندگان روغن و عدم توجه به شرایط کارکرد و بارگذاری دستگاه		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۲	نمونه‌گیری پس از سرریز روغن و یا در پایان کارکرد و هنگام تعویض روغن		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۳	تأخیر در ارسال نمونه‌ها پس از نمونه‌گیری		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۴	عدم نظارت و بازرسی بر اجرای دقیق OCM		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۵	عدم وجود سازمان مشخص از نظر نیروی انسانی، تخصیص بودجه، امکانات و ..		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۶	عدم توجه مدیران و مسئولین سازمان نسبت به اهمیت اجرای OCM		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
۳۷	عدم استفاده از شبکه اینترنتی به‌منظور کنترل و نظارت بر سلامت ماشین‌آلات و اجرای OCM		✓			✓	✓	✓	✓	✓		

راهکار افزایش اثربخشی OCM در کنترل آلودگی‌ها با استفاده از TPM



شکل (۱): مدل افزایش اثربخشی OCM با رویکرد TPM



#### ۴-۱-۲- مدل افزایش اثربخشی OCM با رویکرد TPM جهت موتور ماشین‌آلات کوماتسو

همان‌طور که پیش از این عنوان شد طبق نظر کارشناسان و خبرگان و از نگاه TPM علل عمده پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها در روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو ۹ علت بوده که این علل باعث شده‌اند تا آنالیز روغن موتور ماشین کوماتسو در مؤسسه مورد مطالعه اثربخشی لازم را نداشته باشد لذا جهت رفع این مهم مدل افزایش اثربخشی OCM با رویکرد TPM ارائه شده است. فونداسیون و زیر بنای این مدل، آموزش فراگیر و سپس ایجاد فرهنگ احساس مالکیت در کارکنان نسبت به ماشین‌آلات است و هر یک از ستون‌های این مدل که افزایش اثربخشی آنالیز روغن بر آن بنا شده است؛ اجرای نظام آراستگی محیط کار 5S<sup>۱</sup>، رفع موانع اجرای PM، پیاده‌سازی صحیح OCM، راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری نت (CMMS) می‌باشند. هر یک از اقدامات فوق از شروع تا پایان باید تحت نظارت و ارزیابی مستمر باشند تا افزایش اثربخشی آنالیز روغن محقق شود. اقدامات این مدل به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- آموزش فراگیر
  - ۲- ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات
  - ۳- اجرای نظام آراستگی محیط کار (5S)
  - ۴- تهیه و راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری نت (CMMS)
  - ۵- رفع موانع اجرای صحیح PM
  - ۶- پیاده‌سازی صحیح OCM در مؤسسه
  - ۷- نظارت و ارزیابی مستمر اجرای گام‌های مدل
- هر یک از علل پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها با اجرای یک یا چند اقدام از اقدامات مدل، قابل رفع و اصلاح می‌باشد که در جدول (۸) نشان داده شده است.

#### ۴-۲- راهکارها

##### ۴-۲-۱- آموزش فراگیر

کلیه کارکنان مرتبط با نت در تمامی سطوح اعم از ستادی و عملیاتی باید آموزش‌های مرتبط با فعالیت و مسئولیت‌های محوله را ببینند. این آموزش باید دراز مدت، هدفمند و به‌صورت مستمر باشد تا هم سطح مهارت‌ها بهبود یابد و هم کارکنان از نتایج زیان‌بار برخی از فعالیت‌هایی که در حال حاضر عادی تلقی می‌شود، آگاه

شوند. بدین منظور باید نظام آراستگی محیط کار (5S)، اجرای صحیح PM و OCM، به‌کارگیری بانک اطلاعات کامپیوتری (CMMS) آموزش داده شود، هم‌چنین با استفاده از مدرسین مجرب و برگزاری دوره‌های آموزشی مهارت کارکنان فنی افزایش یابد. در ادامه لازم است در جلساتی عمومی و با حضور کلیه کارکنان نتایج احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات تبیین گردد تا بدین وسیله فرهنگ احساس مالکیت در ماشین‌آلات در کارکنان تقویت گردد.

##### ۴-۲-۲- ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات

ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات در کارکنان باعث می‌شود کارکنان با ماشین‌آلات به‌گونه‌ای رفتار کنند که انگار وسیله نقلیه خودشان است، این بدین معنی است که آنها با صداهای ناهنجار، لرزش‌ها، نشست‌ها و غیره توجهی کامل نموده و ماشین‌آلات را به‌طور مرتب سرویس می‌کنند و قبل از اینکه مشکلات باعث خرابی شوند، شناسایی و رفع گردند.

با اتخاذ سیاست‌های تشویقی و تنبیهی مناسب و اصولی بر طبق یک برنامه مدون و اطلاع‌رسانی شده، اجرای سیاست پرداخت حقوق و دستمزد براساس شرایط و آماده به‌کار بودن ماشین‌آلات، بهره‌مند نمودن کارکنان از محل صرفه‌جویی‌های حاصل از کاهش مصرف قطعات، روغن و غیره و کاهش هزینه‌های تعمیراتی بر اثر اجرای صحیح برنامه نگهداری و تعمیرات، اهمیت دادن و توجه به سلامت جسمانی و روحی کارکنان نت و رانندگان و تأکید بر این موضوع که ماشین‌آلات سالم نیاز به کارکنان خوب و سالم دارند و ایجاد محیطی ایمن و مناسب برای کارکنان به وسیله ایجاد کابین مرتب و زیبا با امکانات گرمایشی و سرمایشی مناسب و سالم برای رانندگان ماشین‌آلات و محیط‌هایی با تجهیزات و ابزارآلات کافی و سالم برای کارکنان فنی و تعمیراتی، سرویس کارها و پرسنل اداری نگهداری و تعمیرات می‌توان تا حدود زیادی فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات را افزایش داد.

##### ۴-۲-۳- اجرای نظام آراستگی محیط کار (5S)

اولین کمکی که اجرای نظام 5S می‌کند دور کردن زوائد است که به سرعت محیط قابل تحمل، خلوت و آراسته‌ای را به کارکنان هدیه می‌نماید. یکی از بهترین روش‌هایی که

1- Sort, Setin Order, Shine, Standardize, Sustain

جدول (۸) علل عمده پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها در روغن موتور ماشین‌آلات کوماتسو و گام‌های مدل برای رفع علل

ردیف	شرح علل عمده پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها	گام‌های مدل برای رفع علل
۱	عدم رعایت نظافت و تمیزی در محیط کار	۱- آموزش فراگیر ۲- اجرای نظام آراستگی محیط کار (5S) ۳- نظارت و ارزیابی مستمر
۲	عدم آموزش نیروی انسانی	۱- آموزش فراگیر ۲- نظارت و ارزیابی مستمر
۳	عدم اجرای بازرسی‌های روزانه و دوره‌ای	۱- آموزش فراگیر ۲- تهیه و راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری (CMMS) ۳- رفع موانع اجرای صحیح PM ۴- نظارت و ارزیابی مستمر
۴	نداشتن مهارت کافی نیروی انسانی	۱- آموزش فراگیر ۲- رفع موانع اجرای صحیح PM ۳- نظارت و ارزیابی مستمر
۵	عدم وجود فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات	۱- آموزش فراگیر ۲- ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات ۳- اجرای نظام آراستگی محیط کار (5S) ۴- نظارت و ارزیابی مستمر
۶	عدم اجرای صحیح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)	۱- آموزش فراگیر ۲- ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات ۳- اجرای نظام آراستگی محیط کار (5S) ۴- تهیه و راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری (CMMS) ۵- رفع موانع اجرای صحیح PM ۶- پیاده‌سازی صحیح OCM در مؤسسه ۷- نظارت و ارزیابی مستمر
۷	نداشتن بانک جامع کامپیوتری سوابق نت (CMMS)	۱- آموزش فراگیر ۲- تهیه و راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری (CMMS) ۳- رفع موانع اجرای صحیح PM ۴- نظارت و ارزیابی مستمر
۸	بررسی و تجزیه و تحلیل ضعیف روند فرسایش‌ها	۱- آموزش فراگیر ۲- تهیه و راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری (CMMS) ۳- رفع موانع اجرای صحیح PM ۵- پیاده‌سازی صحیح OCM در مؤسسه ۶- نظارت و ارزیابی مستمر
۹	عدم آگاهی و توجه مدیران به اجرای CM	۱- آموزش فراگیر ۲- ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات ۷- نظارت و ارزیابی مستمر

شود. با شناسایی کارکنان پیش‌تاز در زمینه اجرای آراستگی و تشویق آنها، دیگران هم به این فرهنگ سوق داده شوند.

۴-۲-۴- تهیه و راه‌اندازی بانک اطلاعات کامپیوتری نت (CMMS)

با داشتن یک رویکرد سیستمی به پیاده‌سازی CMMS، می‌توان در مسیر بهتری برای نیل به موفقیت قرار گرفت.

برای پیاده‌سازی و اجرای نظام آراستگی در محیط کار مؤسسه پیشنهاد می‌شود، روش فرهنگی است. در این روش فواید و اهمیت کار باید برای کارکنان و اینکه این کار به نفع آنهاست با آموزش بیان شود و آنگاه ضمن جلب مشارکت همگانی، تشویق سرلوحه کار قرار گیرد. باید مدیران سعی کنند آنقدر تشویق کنند تا تشویق نشدن نوعی تنبیه تلقی

انجام فعالیت‌های نت از وضعیت دستی به صورت مکانیزه، به تنهایی نمی‌تواند بهبودی در سیستم نت ایجاد کند. بلکه کاربران سیستم باید درک کنند که یک CMMS چگونه کار می‌کند و چگونه می‌توان به آن، به‌عنوان ابزاری در راستای اثربخشی و بهبود فرایندهای کاری، اعتماد نمود. سه گروه نگهداری و تعمیرات، رانندگان ماشین‌آلات و مدیریت باید CMMS را به‌عنوان وسیله‌ای برای کنترل هزینه‌ها و افزایش ظرفیت‌ها مد نظر قرار دهند. زیرا با چنین ذهنیتی کام بزرگی در جهت داشتن سیستمی بهتر برداشته خواهد شد. لذا در ابتدا باید بانک اطلاعاتی جامع کامپیوتری CMMS در راستای سیاست‌های سازمان تهیه گردد. سپس کلیه کارکنان مرتبط با CMMS آموزش داده شوند، در ادامه اطلاعات ماشین‌آلات و سوابق قبلی نت و آنالیز روغن در بانک اطلاعاتی ثبت گردد و نرم‌افزار به‌صورت مستمر و صحیح مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

#### ۴-۲-۵- رفع موانع اجرای صحیح PM

حمایت مادی و معنوی مدیریت ارشد سازمان از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، یکی از اساسی‌ترین راهکارهای رفع موانع و مشکلات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) می‌باشد. با طراحی درست برنامه‌های اجرائی نت پیشگیرانه، گزینش کارکنان نت براساس قابلیت‌ها و توانمندی‌ها و افزایش مهارت کارکنان به لحاظ سیستمی و فنی، جمع‌آوری صحیح و کامل اطلاعات مورد نیاز و ثبت آنها، اجرای کامل دستور کارهای صادره، بهبود برنامه‌های نگهداری و تعمیرات و انتخاب پیمانکاران تعمیراتی برون‌سازمانی ماهر و با سابقه می‌توان بسیاری از موانع اجرای صحیح PM را مرتفع نمود.

#### ۴-۲-۶- پیاده‌سازی صحیح OCM در سازمان

مهم‌ترین عامل موفقیت برنامه تحلیل روغن در سازمان، پیاده‌سازی اصولی و اجرای صحیح آن است. شاید کارکنان نت و CM در راستای اجرای PM روش صحیح نمونه‌گیری را نتوانند رعایت کنند، اما چنانچه مدیران و مسئولین اعتقادی به اجرای OCM نداشته و فقط برای ارائه گزارش به مافوق اقدام نمایند و یا نیروی انسانی، بودجه و امکانات برای این کار تخصیص ندهند، در آن صورت آنالیز روغن صوری و برای رفع تکلیف انجام شود نه برای داشتن ماشین‌آلات سالم و کاهش هزینه‌ها. لذا جلب توجه مدیران

و مسئولین و توجیه آنها نسبت به اهمیت اجرای OCM، تعریف سازمان مشخص از نظر نیروی انسانی، تخصیص بودجه و امکانات و برگزاری دوره‌های آموزشی؛ اثرگذارترین عوامل در پیاده‌سازی صحیح آنالیز روغن هستند. انتخاب آزمایشگاه و آزمایشات مناسب، دقت در ثبت ساعت کارکرد ماشین‌آلات و نظارت بر آن، انجام نمونه‌گیری به روش صحیح و منظم و پیوسته، ارسال سریع و به‌موقع نمونه‌ها، مد نظر قرار دادن توصیه‌ها و راهنمایی‌های سازندگان تجهیزات و تولیدکنندگان روغن، اجرای توصیه‌های آزمایشگاه و نظارت و ارزیابی مستمر اجرای OCM از دیگر عوامل اثرگذار در پیاده‌سازی صحیح آنالیز روغن می‌باشند.

#### ۴-۳- اجرای راهکارها

به‌دلیل وجود محدودیت‌هایی نظیر منابع مالی، نیروی انسانی، زمان و تجهیزات امکان اجرای همه راهکارهای فوق در سازمان وجود ندارد لذا براساس منابع موجود و در حد مقدرات برخی از راهکارهای فوق براساس اولویت اجرایی گردید که در ادامه به نحوه اجرا و نتایج حاصل از آنها اشاره می‌گردد.

برای شروع کار طی چندین جلسه با مدیران مؤسسه، به وسیله آمار و ارقام، اهمیت اجرای OCM و نقش آن در بهبود نت ماشین‌آلات و کاهش هزینه‌های نت مطرح گردید. مقرر شد به‌دلیل برخی محدودیت‌ها به‌ویژه منابع مالی تعدادی از راهکارهای فوق اجرایی گردند که در ادامه به اجرا و نتایج حاصل از آنها اشاره می‌گردد.

■ در ابتدا آموزش و استقرار نظام آراستگی در محیط کار (5S) در بین کارکنان در دستور کار قرار گرفت. با اجرای 5S در محیط کار به ویژه در قسمت‌های مرتبط با نت (مانند: تعمیرگاه، سرویس‌کاری، انبار قطعات و لوازم مصرفی و غیره)، تا حدود زیادی از آلودگی‌های خاک، آب و سوخت ناشی از عدم رعایت نظافت و تمیزی در محیط کار کاسته شد.

■ با توجه به اینکه رانندگان نزدیک‌ترین افراد به ماشین‌آلات بوده و کم بودن روغن، شل بودن پیچ و مهره‌ها، نشستی، صدهای ناهنجار، کثیفی خودرو و غیره را در اولین زمان ممکن می‌توانستند ردیابی و اطلاع‌رسانی و برطرف کنند، رانندگان اولین اولویت برای اجرای این راهکار در نظر گرفته شدند. ابتدا کابین ماشین‌آلات کوماتسو در کارگاه مورد بررسی قرار گرفت و کلیه عیوب کابین شامل سیستم‌های

مالکیت نسبت به سازمان و سرمایه‌های آن، کار خود را در حد رفع تکلیف انجام می‌دهد. لذا آنالیز روغن اثربخشی لازم را نداشته و تنها هزینه است که بر سازمان تحمیل می‌شود. نگهداری و تعمیرات بهره‌ور آن اندازه که تفکر، ساختار، عادت، دانش، مهارت و عقاید است، فناوری و ابزار نیست. لذا با توجه به این ویژگی مهم TPM و تأکید آن بر نقش نیروی انسانی، در این تحقیق پس از مشخص شدن علل فنی پیدایش و مخفی ماندن آلودگی‌ها، علل مذکور از دیدگاه نت بهره‌ور فراگیر مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد می‌توان با آموزش فراگیر، ایجاد فرهنگ احساس مالکیت نسبت به ماشین‌آلات در کارکنان، اجرای 5S، ایجاد بانک اطلاعات کامپیوتری نت و رفع مانع اجرای صحیح PM و OCM آلودگی‌های روغن را کاهش داد و علل مخفی ماندن آلودگی‌ها را نیز به حداقل رساند و در نتیجه اثر بخشی آنالیز روغن را افزایش داد.

#### منابع

- [۱] برزگر، ع. الف، "الگو برداری از بهترین تجربیات در ارتباط با استقرار سیستم TPM به زبان تصویر و نمودار"، ۱۳۸۷.
- [۲] فراهانی، الف. ح، "بررسی افزایش اثربخشی OCM با رویکرد نت پیش اقدام جهت موتورهای دیزل در مؤسسه راه ساحل"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد- دانشگاه جامع امام حسین (ع) ۱۳۸۹.
- [۳] رضانی، س، "کاربرد داده کاوی در تعیین خطوط مبنای رفتار فرسایشی موتورهای دیزل با استفاده از نتایج آنالیز روغن" دانشگاه جامع امام حسین (ع)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۶.
- [۴] حاج شیرمحمدی، ع، "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM)"، انتشارات ارکان، ۱۳۷۷.
- [5] Carley c, L, "Management of Civil Engineering Support Equipment Motor Oil Additives", 2006.

سرمایشی و گرمایشی، صندلی و غیره مرتفع گردید و تحویل راننده شد. سپس هزینه‌های نگهداری و تعمیرات موتور هر دستگاه در سال‌های گذشته با روش دیتا ماینینگ محاسبه و متوسط سه ماهه آن تعیین گردید. پس از آن هر سه ماه هزینه‌های جدید ثبت شد و با کاهش هزینه‌ها درصدی از این کاهش به‌عنوان تشویقی به رانندگان پرداخت گردید و افزایش هزینه‌ها چنانچه این افزایش ناشی از عملکرد نامناسب آنها بود، درصدی به عنوان تنبیه از حقوق آنان کسر شد، البته در مدت شش ماهی که این طرح اجرا گردید بیشتر تشویقی اعمال گردید، در معدود مواردی نیز تنبیه صورت گرفت. این امر باعث شد تا در این مدت هزینه‌های تعمیرات نسبت به سنوات گذشته کاهش یابد. با توجه به حساس شدن راننده‌ها نمونه‌گیری روغن ماشین‌آلات منظم‌تر شده و راننده‌ها، جهت دریافت نتیجه آزمایشگاه مشتاق‌تر شدند. سرویس‌های دوره‌ای با پیگیری راننده‌ها منظم‌تر اجرا شد و در نتیجه آنالیز روغن اثربخش‌تر گردید. ■ پس از آموزش کارکنان CM در راستای نیازها، نمونه‌های واقعی‌تری نسبت به گذشته ارسال و نتایجی متفاوت به‌دست آمد. برای نمونه گریدری بارها در نمونه‌های روغن آنالیز شده سالم به‌نظر می‌رسید ولی در عمل موتور گریدر معیوب بود. پس از اقدامات فوق، نتایج اعلام شده از سوی آزمایشگاه اشکالات اساسی موتور را مشخص نمود که نسبت به رفع آنها اقدام گردید.

#### ۵- نتیجه گیری

در اکثر سازمان‌ها و مؤسسات به‌ویژه در سازمان‌های دولتی و عمومی آنالیز روغن اجرا می‌شود و با وجود صرف هزینه‌های زیاد معمولاً اثر بخشی لازم را ندارد. مدیران آنقدر که حاضرند برای خرید ماشین‌آلات، قطعات یدکی و تعمیرات و بازسازی ماشین‌آلات هزینه کنند؛ برای به‌کارگیری نیروی انسانی مناسب و برگزاری دوره‌های آموزشی فراگیر مستمر برای ارتقاء سطح مهارت و دانش کارکنان و غیره هزینه نمی‌کنند و اکثر خرابی ماشین‌آلات و هزینه‌های گزاف ناشی از چنین نگرشی است. این امر باعث می‌شود غالباً سازمان مشخص از نظر نیروی انسانی، تخصیص بودجه، امکانات و غیره ایجاد نشده و همان‌اندک امکانات و نیروی انسانی نیز درست به‌کارگیری نشود. نیروی انسانی مجری آنالیز روغن به‌دلیل عدم مهارت و نداشتن آموزش‌های کافی و مستمر و همچنین نداشتن انگیزه و عدم وجود فرهنگ احساس