بررسی جامع روش های نوین در اتوماسیون تعمیرات ماشین ها (کدمقاله ۱۵۴)

عباس معلمی اوره[۱] ، بهرام بحری [۲] ، محمد کارکن[۳]

چکیده

با ورود تکنولوژی های پیشرفته در تولید تجهیزات ماشین های مختلف از جمله ماشین های کشاورزی و افزایش هزینه های تعمیراتی بحث پایش وضعیت ماشین ها برای دستیابی به اهداف مختلف به شکل یک ضرورت غیر قابل انکار تبدیل شده است. یکی از اهداف مهم مراقبت از وضعیت ماشین های، جلوگیری از نواقص عمده توسط آنالیزکردن روند خرابی در مراحل اولیه پیشرفت و همچنین اعلان وضعیت آن می باشد، که به عنوان مهندسی نت یا اتوماسیون نت (نگهداری و تعمیر) شناخته می شود. برای برقراری اتوماسیون نت در ماشین ها روش های نوین متعددی وجود دارد که برای اهدافی همچون جلوگیری از تعمیرات اضافی، تشخیص و پیشگویی معایب قبل از خرابی به ار می رود و کاربرد زیادی در پایین آوردن هزینه ها در صنعت کشاورزی دارد. در این مقاله علاوه بر معرفی روش های مطرح در مهندسی نت و بررسی آنالیز روغن که یکی از مهمترین روش های پایش وضعیت ماشین ها می باشد، به صرفه جویی های اقتصادی به دست آمده از این روش نیز در ماشین های کشاورزی پرداخته شده است. با توجه به این بررسی استفاده از مهندسی نت نقش مهمی در جلوگیری خرابی و صرفه جویی اقتصادی در شاخه های مختلف صنعت از جمله کشاورزی دارد و تحقیقات و توسعه آن در ایران با توجه به مسائل اقتصادی امری مهم و ضروری می باشد.

کلیدواژه: اتوماسیون تعمیرات، ماشین های کشاورزی، مراقبت وضعیت، صرفه جویی اقتصادی

۱- مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا و دانشجوی دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی
پست الکترونیک: abbas.moallemy@gmail.com
۲- مربی مکانیک خودرو دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه دانشگاه فردوسی شهد

مقدمه

امروزه صنعت بر بخش بزرگی از فعالیت های جوامع مختلف حاکم شده و هر مجموعه صنعتی یا خدماتی از جمله بخش کشاورزی بدون بکارگیری یک برنامه نگهداری صحیح از امکانات، بالاخص تجهیزات و ماشین آلات، توانمندی های خود را به سرعت از دست می دهد. عدم استفاده مطلوب از نیروهای مجرب و عدم جایگزینی روش های جدید در اتوماسیون و مدیریت نگهداری و مراقبت به جای روش سنتی در مجموعه های بزرگ صنعتی و ناوگان های عظیم، باعث استهلاک سریع تجهیزات و ماشین آلات خواهد شد. مطمئناً هزینه های سنگین قطعات یدکی از یک سو و تعمیرات زود هنگام بعلت عدم مراقبت صحیح, از طرف دیگر و همچنین کاهش خدمات یا محصول نهایی بعلت توقف های طولانی و متوالی تجهیزات و ماشین آلات، باعث خواهد شد که قیمت تمام شده محصول بیشتر از مقدار محاسبه شده باشد. در نتیجه بکار گیری مهندسی نت (نگ ری و تعمیرات) جهت صرفه جویی در هزینه ها و استفاده بهینه از تجهیزات و ماشین آلات برای اجرای هر چه سریعتر پروژه ها بیش از پیش احساس می شود.

مدل های مهندسی نت (نگهداری و تعمیر)

پس از انقلاب صنعتی در سال ۱۷۹۱ در کشورهای انگلستان و آمریکا تحول عظیمی در فعالیت های تولید ی و اقتصادی بشر بوقوع پیوست و حجم عظیمی از ماشین آلات وتجهیزات در جهت بالا بردن حجم تولید و کسب سود بیشتر بکار گرفته شدند. اما یکی از نکاتی که سال های اولیه گریبانگیر تولید کنندگان شد، خرابی و از کارافتادگی این ماشین آلات بود. از زمان پیدایش مفاهیم اولیه و تعمیرات با گذشت زمان استراتژیهای توسعه یافته تری ظهور کردند و در گامهای بعدی نگهداری در اولویت قرار داشت و بعد از ان تعمیرات قرار می گرفت. در همین راستا طی ۷۰ سال اخیر نگهداری و تعمیرات مسیر تکاملی خود را طی کرده است که در اینجا به اختصار این سیر را مرور می کنیم.

۱- سیستم واکنشی (غیر برنامه ای)[1]: این سیستم بدون برنامه ریزی عمل نموده و در صورت وقوع خرابی تجهیزات جهت رفع آن اقدام می کند. این نوع استراتژی تعمیرات که قدیمی ترین نوع تعمیرات می باشد، بعد از وقوع هر نوع شک ت و یا از کارافتادگی قطعات، ماشین باز می شود و مورد بررسی قرار گرفت و در صورت مشاهده عیب یا نقص به تعمیر آن پرداخته می شود.

۲- سیستم بر امه ای[2]: اساس عملیات این سیستم بر اساس عملیات برنامه ریزی از پیش طرح ریزی شده می باشد. مدل های موجود در این سیستم شامل موارد زیر می باشد.

۲-۱- نگ اری و تعمیرات پیشگیرانه[3]: در این روش با بازرسی در فواصل زمانی مشخص قطعات مختلف دستگاه مورد بازرسی و بازبینی قرار می گیرند. نت پیشگیرانه تمامی تلاش ها را در جهت جلوگیری از خرابی می کند.

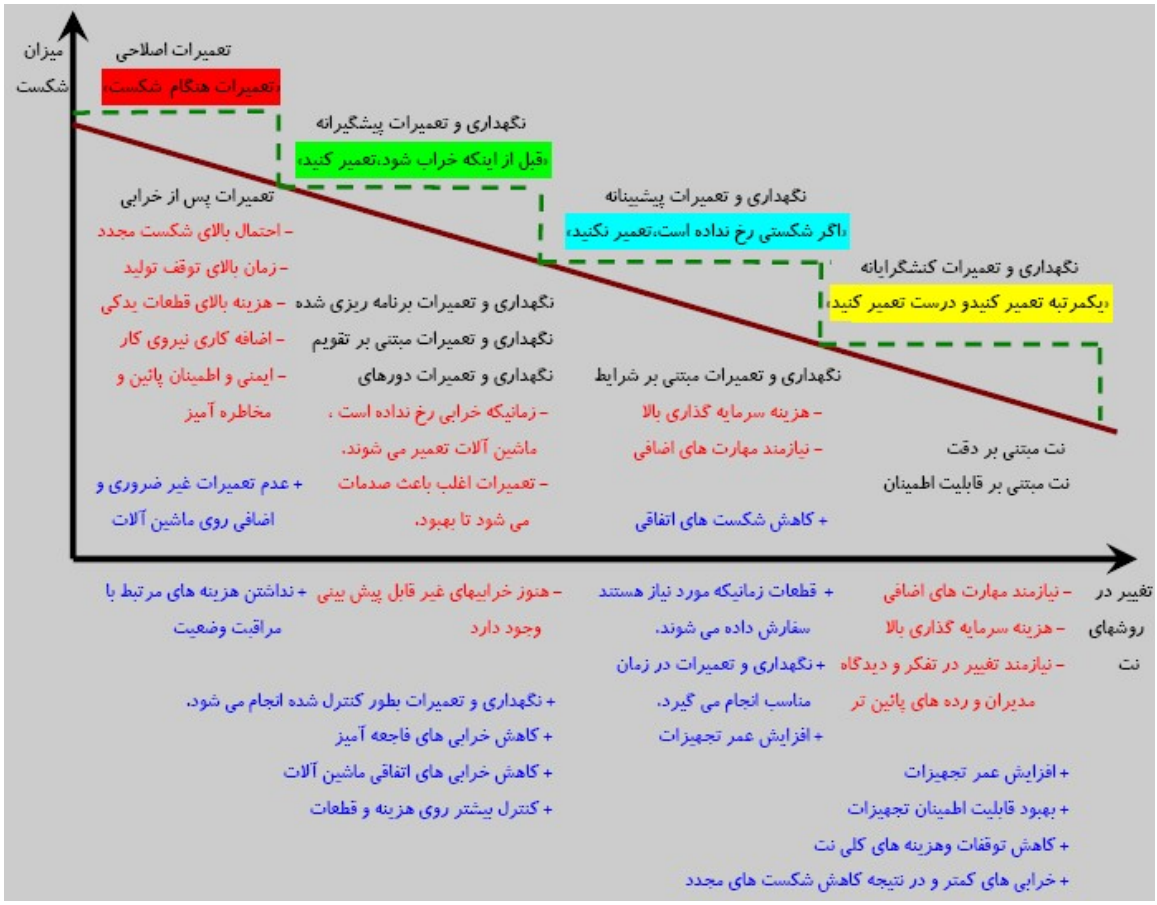
۲-۲- نگهداری و تعمیرات پیشبینانه[4]: این نوع تعمیرات از بسط روش قبلی می باشد با توجه به اینکه از تعمیرات غیر ضروری بر روی اجزای سالم جلو گیری شده و با برنامه جدیدی تحت عنوان مراقبت وضعیت[5] ***(CM)*** و یا تعمیرات مبتنی بر شرایط کار دستگاه صورت می گیرد و با استفاده از آزمایش های غیر مخرب به سلامت یا مشکل قطعه مورد نظر پی برده می شود و سپس جهت تعمیرات تصمیم گیری خواهد شد. هدف از این روش، بدست آوردن علائم و نشانه هایی از دستگاه در حین کار و بررسی و تفسیر آنها در جهت افزایش شرایط ایمنی و اقتصادی دستگاه و پیش بینی بروز خرابی در قطعات مختلف و پیشگیری از خرابی ها قبل از وارد کردن خسارت به قطعات دیگر و توقف دستگاه می باشد.

۲-۳- نگهداری و تعمیرات باز دارنده یا کنشگرایانه[6]: در این روش که تکامل مهندسی نت می باشد، با استفاده از تکنیک های مراقبت وضعیت علاوه بر یافتن نقص به ریشه یا بی و علل اصلی خرابی نیز پرداخته می شود تا از وقوع این خرابی ها در آینده جلوگیری به عمل آید. در شکل ۱ سیر تکاملی تکنیک های مختلف نگهداری و تعمیرات نشان داده شده است(۳).

مراقبت وضعیت*(CM)*

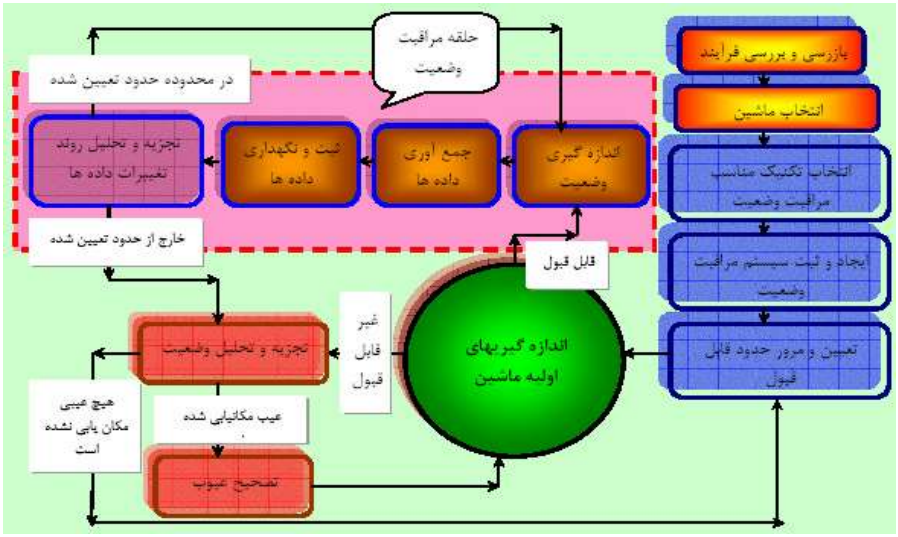
1 Unplanned Maintenance
2 Planned Maintenance
3 Preventive Maintenance
4 Predictive Maintenance
5 Condition Monitoring
6 Proactive Maintenance

یکی از روشهای نوین در مهندسی نت مراقبت وضعیت است. منظور از نگهداری و تعمیرات بر اساس وضعیت، عبارت است از بدست آوردن علائم و نشانه هایی از وضعیت سیستم در حال کار، تا دستگاه بتواند در یک شرایط ایمنی و اقتصادی ادامه داده یا مورد تغییر واقع شود(۲). بر این اساس روش های متعددی برای مراقبت وضعیت موجود می باشد. در یک جمله مراقبت وضعیت عبارت ست از استخراج مستمر و متناوب اطلاعات از درون یک سیستم، در حالیکه سیستم کماکان در حال کار عادی خود می باشد. با به کارگیری مراقبت وضعیت می توان به کاهش سطح تعمیرات عمومی، کاهش تعداد خرابی های سنگین و پر هزینه، کاهش مصرف قطعات مصرفی، امکان کنترل کیفی مواد مصرفی نظیر روغن ها و فیلترها، افزایش امکان برنامه ریزی و تعمیرات، بهبود ایمنی دستگاه و برنامه تولید، افزایش کارایی ماشین، کاهش هزینه تولید و در نهایت صرفه جویی اقتصادی دست یافت. به طور کلی مراقبت وضعیت به دو روش انجام می گیرد. یکی چک کردن ماشین در مواقع مختلف(موقتی)[1] که در این روش زمان چک کردن بستگی به محاسبات ثبت شده در مواقع بررسی دارد. روش دوم مراقبت وضعیت ماشین به طور دائم[2] می باشد. در این روش با توجه به محاسبه و تفسیر مداوم اطلاعات گرفته شده از ماشین می توان بطور دقیق تری خرابی های ماشین را پیش بینی کرد. اجرای مهندسی نت به روش مراقبت وضعیت دارای سه مرحله کشف پیشرفت خرابی در مراحل اولیه، تشخیص مبدأ خرابی و در نهایت پیشگیری از طریق پیشگویی توسط محاسبات بعدی می باشد. با توجه به مطالب بیان شده روند اجرای مراقبت وضعیت در شکل ۲ به طور واضح بیان شده است(۳).



شکل۱. روند توسعه و تکامل تکنیک های نگهداری و تعمیرات

1 Condition Checking
2 Trend Monitoring



شکل ۲. روند اجرای مراقبت وضعیت

تکنیک های مراقبت وضعیت

امروزه تکنیک های مختلفی برای مراقبت وضعیت ماشین ها در مهندسی نت استفاده می شود. با توجه به نوع دستگاه ها و میزان دقت مورد انتظار در برنامه نت، می توان یک یا ترکیبی از این روش ها را بکار برد. به عنوان مثال آنالیز ارتعاشات معمولا برای سیستم های مستقر با حرکت دورانی (نظیر توربینها, زنراتورها و غیره) بکار می رود ولی آنالیز روغن علاوه بر این سیستم ها برای سیستم های با حرکت رفت و برگشتی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در ادامه به تکنیک های رایج مراقبت وضعیت پرداخته شده است(۱۰).

۴-۱- آنالیز ارتعاشات[1]: یکی از پارامترهای مهم برای کنترل وضعیت یک ماشین دارای حرکت دوار از لحاظ نامتعادلی، پایداری یاتاقان ها و تنش های وارده لرزش ماشین می باشد. با توجه به این که هر قطعه از ماشینی در حال کارکرد عادی خود ارتعاش خاصی دارد با بروز نقص در ماشین سطح ارتعاشات افزایش پیدا می کند. با جمع آوری اطلاعات ارتعاش و تجزیه و تحلیل آنها می توان وضعیت ماشین را مشخص کرد. برای مراقبت وضعیت ماشین از روش آنالیز ارتعاش باید چهار پارامتر مهم دامنه ارتعاشات، فرکانس یا توالی، زاویه فاز یا دوره و شکل ارتعاش را آنالیز کرد. دامنه ارتعاش نشان دهنده نرم کار کردن ماشین و فرکانس تعیین کننده عیب ماشین و زاویه فاز برای محاسبه وضعیت بالانس بودن و تعیین سرعت بحرانی در حالت بالانس می باشد. شکل ارتعاش نیز وضیت رکرد ماشین را نشان می دهد.

۴-۲- پایش مشاهداتی[2]: این روش بر مبنای مشاهدات و تغییراتی که از طریق مشاهدات رخ می دهد ماشین را کنترل می کند. روشهای متفاوتی برای مراقبت وضعیت مشاهداتی رایج است که می توان به لنزهای بزرگ کننده، عکسبرداری ها، مشاهده از طریق فیبرهای نوری، اثرگذاری سطوح و بازرسی مشاهداتی از راه دور[3] اشاره کرد.

۴-۳- پایش صوتی[4]: صدایی که از ماشین منتشر می شود شامل اطلاعات مفیدی برای تشخیص و ضبط آن می باشد که می توان با گوش دادن مستقیم صدای ماشین توسط پرسنل با تجربه وضعیت کارکرد ماشین را کنترل کرد. این روش کار برد بسیاری در خودرو ها و ماشین آلات سنگین دارد.

۴-۴- پایش گرما[5]: دما یکی از پارامترهای مهم در کنترل کارکرد ماشین می باشد که پایش آن توسط اندازه گیری حرارت بوسیله ترموکوپل و ترموستات و ترمومتر و از طریق ترموگرافی انجام می شود. در روش ترموگرافی تصویر حرارتی نقطه مورد نظر روی صفحه تصویر نمایش داده می شود که این تصویر حرارتی را ترموگرام می نامند که بوسیله دوربینی که به صفحه نمایش متصل است ضبط و نگهداری می شود.

۴-۵- تست های غیر مخرب[6]: ماشین آلات، دستگاه ها و ابزار هایی که امروزه در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند بسیار پیچیده و گران قیمت اند و لذا استفاده از روش های تولید و بازرسی که حداکثر قابلیت اطمینان را برای این تجهیزات تأمین نمایند امری لازم و ضروری است. لذا در صنعت به طور گسترده از آزمون های غیر مخرب (که در آنها آسیبی به قطعه وارد نمی آید) استفاده می شود. تست های مورد استفاده در مراقبت وضعیت ماشین ها شامل بازرسی بوسیله مایع نفوذ کننده، رادیوگرافی و تست های صوتی و مافوق صوتی می باشد.

۴-۶- پایش محتویات سیال[7]: روش های متفاوتی در این مورد موجود می باشد که از جمله آنها بازرسی بوسیله حواس، جمع آوری محتویات بوسیله آهن ربا و فیلتر و طیف بینی می باشد.

۴-۷- پایش ساییدگی[8]: یکی از مهمترین تکنیک های موجود در مراقبت وضعیت ماشین ها در مهندسی نت پایش ساییدگی می باشد. مهمترین روش پایش ساییدگی نیز آنالیز روغن می باشد. اهداف کلی برنامه های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن شامل موارد زیر می باشد:

---

1 Vibration Analysis
2 Visual Monitoring
3 Remote Visual Inspection
4 Sound Monitoring
5 Thermal Monitoring
6 Non Destructive Testing
7 Fluid Contamination Monitoring
8 Wear Debris Monitoring

الف- مراقبت و جلوگیری از آلودگی روغن به واسط ذرات خارجی به منظور پیشگیری از آسیب قطعات.
ب- مقایسه خواص فیزیکی و شیمیایی روغن کارکرده با روغن نو به منظور ادامه کار روغن یا تعویض آن.
ج- آنالیز ذرات فلزی جهت تشخیص قطعاتی که در تماس با روغن هستند به منظور پیش بینی تعمیرات ماشین آلات.

روش پایش روغن در تشخیص مشکلات سیستم های مکانیکی که اجزای آن با روغن در تماس هستند، کارکرد بالایی دارد و امکان بهینه سازی سیستم ها و کنترل های مختلف مانند بررسی روند استهلاک، کیفیت قطعات و مواد مصرفی و کیفیت تعمیرات را فراهم می سازد. مواردی که از طریق آنالیز روغن می توان به وجود آنها پی برد به طور خلاصه عبارتند از: سوخت وارد شده به روغن، ضایعات داخل روغن، ضد یخ موجود در روغن، سایش یاتاقان ها و عدم کارایی روغنکاری. از این طریق می توان عیوب مختلف دستگاه مانند خوردگی، مشکلات یاتاقانها، فرسایش غیرعادی رینگ و پیستون موتورها، فرسایش شافتها و دنده های گیربکس و پمپ های هیدرولیک را مورد شناسایی قرار داد و نسبت به رفع عوامل آنها اقدام کرد(۷).

به طور کلی اساس کار آنالیز روغن عبارت است از انعکاس وضعیت دقیق ماشین برای یک دوره زمانی معین از طریق نشان دادن وضعیت دستگاه های مکانیکی در حال کار. روغنی که با موتور یا اجزای مکانیکی دیگر در تماس است، ذرات و براده های فلزی ساییده شده را می گیرد. این ذرات به قدری کوچکند که به صورت معلق در روغن باقی می مانند، همچنین مواد خارجی دیگری نیز وارد روغن می شوند. با تشخیص و اندازه گیری این ناخالصی ها، اطلاعاتی از نرخ سایش و مواد خارجی دیگر دریافت می شود که دریافت این اطلاعات می تواند در تبیین راههای کاهش سایش و مواد خارجی تاثیر گذار باشد(۸).

روش آنالیز روغن در تشخیص مشکلات سیستم های مکانیکی که اجزای آن با روغن در تماس هستند، کارکرد بالای دارد و امکان بهینه سازی سیستم ها و کنترل های مختلف مانند بررسی روند استهلاک، کیفیت قطعات و مواد مصرفی و کیفیت تعمیرات را فراهم می سازد. در آنالیز روغن برای پیش بینی و یا پی بردن به عیوب ماشین، آزمایش های زیادی انجام می شود، البته در یک دستگاه ممکن است احتیاج به تمام آزمایش ها نباشد. در جدول ۱ تست های رایجی که در آنالیز روغن انجام می شود آورده شده است و در ادامه نیز به توضیح مختصری از آنها پرداخته شده است.(۱۱).

جدول ۱. تست های رایج در نالیز روغن

عنوان آزمایش	روش آزمایش
آنالیز عنصری روغن (عناصر فرسایشی،آلاینده ها و افزودنی ها)*(Spectroscopy)*	*ASTM 6595*
گرانروی در۴۰C و۱۰۰C *(Viscosity)*	*ASTM 445*
عدد قلیائیت کل *(Total Base Number)*	*ASTM D 2896*
عدد اسیدی *(Total Acid Number)*	*ASTM D 664-D*
نقطه اشتعال *(Flash Point)*	*ASTM D 93*
شاخص گرانروی *(Viscosity Index)*	*ASTM D 2270*
تست گازوئیل *(Gas Oil Spectroscopy)*	*ASTM D 6595*
اندازه گیری آب *(Water Deter)*	*ASTM D 96*
فروگرافی مستقیم *(Direct Reading Ferrography)*	*Manual Instruction*
فروگرافی مشاهداتی *(Analytical Ferrography)*	*Manual Instruction*
آلودگی آب *(go/ no go) (Water Cont)*	*Crackle Test*
سنجش ذرات آهنی *(Particle Quantifier) (P.Q)*	*Manual Instruction*
شمارنده ذرات (لیزر) *(Particle Counter)*	*ISO 4406 - NAS*

۱- گرانروی: دلایل تغییر گرانروی روغن می تواند آلودگی آب، آلودگی سوخت، حرارت، اختلاط با روغنی دارای گرانروی متفاوت و یا فاسد شدن روغن در اثر اکسیداسیون باشد. عمومی ترین روش اندازه گیری ویسکوزیته، آزمایش سرعت سقوط گوی

ها می باشد. در این روش گوی ها بطور آزاد و همزمان از داخل استوانه حاوی نمونه روغن و استوانه حاوی روغن مرجع سقوط می کنند. فاصله سقوط گوی در نمونه با روغن مرجع مقایسه و گزارش می شود.

۲- عدد اسیدی: پدیده اکسیداسیون روغن تحت عوامل متعددی بتدریج آغاز می شود که نهایتاً منجر به تشکیل ترکیبات اسیدی می گردد. مقدار مجاز عدد اسیدی معمولا" از طرف سازندگان تجهیزات بین ۱/۵ الی ۲ اعلام می گردد. واحد اندازه گیری میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در یک گرم روغن می باشد. عدد اسیدی روغن بیانگر میزان خاصیت اسیدی روغن می باشد و معمولاً به تدریج و با شیب کم افزایش می یابد. عواملی از قبیل گرما، آب و آلودگی روغن در تسریع این پدیده موثر هستند. با اندازه گیری TAN بطور مستمر از میزان تغییرات کیفی روغن مطلع می شویم.

۳- عدد بازی: عدد قلیائیت نشان دهنده میزان توانایی روغن برای مقابله با اسیدهای تولید شده در موتورهای احتراقی می باشد. این عدد برای روغن های مختلف می تواند متفاوت باشد. مراقبت روند تغییرات خاصیت قلیایی به خصوص در موتورهای دیزل بسیار مهم و حیاتی می باشد. هنگامی که روغن خاصیت قلیایی خود را از دست بدهد بسیار خورنده خواهد شد. مقدار TBN در طول کارکرد روغن (بواسطه اسیدهای اکسیداسیون و احتراق) به صورت کاهشی با شیب یکنواخت می باشد.

۴- نقطه اشتعال: پایین ترین دمایی است که در آن روغن به اندازه کافی به بخار تبدیل شود، به طوریکه با نزدیک کردن شعله آتش، در یک لحظه مشتعل و سپس خاموش گردد. این آزمایش با استفاده از ۴ سی سی نمونه، نقطه اشتعال روغن را اندازه گیری می کنند. ضمن اینکه در روغن هایی که دچار افت ویسکوزیته می شوند این آزمایش وجود یا عدم وجود آلودگی سوخت را نشان خواهد داد.

۵- شاخص گرانروی: تغییرات گرانروی با تغییر دما را با شاخص گرانروی می سنجند. هر چه شاخص گرانروی روغنی بزرگتر باشد، گرانروی آن در اثر تغییر دما کمتر تغییر می کند. برای اندازه گیری VI باید از دو شاخص گرانروی در ۴۰ درجه و ۱۰۰ درجه سانتیگراد، و با استفاده از کتابچه استاندارد مقدار VI مشخص شود.

۷- تست گازوئیل: یکی از آزمایش های آنالیز روغن است که برای تعیین میزان سوخت در روغن به کار می رود. وجود سوخت در روغن باعث کاهش گرانروی و نقطه اشتعال روغن می شود. این آزمایش در موتورهای دیزل کاربرد دارد، به علت اینکه موتورهای دیزل در فشار بالاتری کار می کنند و احتمال ورود سوخت و یا گاز حاصل از اشتعال آن به محفظه روغن وجود دارد.

۸- اندازه گیری آب: آزمایش شناسائی آب در روغن از دو روش انجام میگرد :

الف- کارل فیشر(کلومتریک): برای تعیین میزان دقیق آب در روغن از ۱۰ میکروگرم تا ۱۰۰ ٪ آب برای سیستم های صنعتی که می بایستی با دقت بیشتری میزان آب در روغن شناسائی و کنترل شود استفاده می شود. در این آزمایش از محلول شیمیایی کارل فیشر استفاده می شود. این محلول تشکیل شده است از ید، دی اکسید سولفور، یک باز و یک حلال مانند الکل($I_2+SO_2+3Base+ROH$) این محلول طبق رابطه ۱ با آب موجود در روغن واکنش می دهد:

رابطه ۱. $$I_2+SO_2+3Base+ROH+H_2O=2Base.HI+Base.HSO_4R$$

طی این واکنش و تبدیل I_2 به $2I$، ۲ الکترون آزاد می شود که این الکترون ها به صورت بار الکتریکی در دستگاه ذخیره می شود که با اندازه گیری این بار (با توجه به آنکه یک میلی گرم آب برابر با ۱۰/۷۱ بار الکتریکی(کلمب) می باشد) مقدار آب به دست می آید.

ب- روش کرکل[1] : برای شناسائی آب در روغن به میزان کمتر و یا بیشتر از ۰/۱ ٪ استفاده می شود. اکثر سازندگان تجهیزات مکانیکی توصیه می کنند میزان آب در روغن از ۰/۱ ٪ بیشتر نباشد زیرا وجود آب بیش از این حد می تواند باعث فساد روغن و نیز تغییر وضعیت فرسایش دستگاه شود. در این روش نمونه روغن را بر روی یک صفحه که درجه حرارت آن حدود ۱۵۰ درجه سانتیگراد است می ریزند، در صورت وجود آب در نمونه روغن، آب بخار می شود و به صورت حباب در نمونه به سمت بالا حرکت می کند که با توجه به مقدار و قطر حباب ها مقدار آب در روغن را اندازه گیری می کنند.

۹- اسپکتروسکوپی: این تکنیک امروزه یکی از بیشترین کاربردها را در برنامه های آنالیز روغن دارد و جهت کنترل کیفیت روغن و یا آنالیز ذرات فرسایشی مورد بهره برداری قرار می گیرد. اسپکتروسکوپی بعد از سال ۱۹۴۵ بعنوان ابزاری برای تشخیص

1 Crackle test

ذرات فرسایشی موجود در روان کننده مورد استفاده قرار گرفته است. از طریق دستگاه اسپکتروسکوپ عناصر فرسایشی از جمله آهن، مس، سرب، قلع، نیکل، نقره، کروم، آلومینیوم و مولیبدن شناسایی و اندازه گیری می گردد. با توجه به اینکه ذرات با اندازه کمتر از ۵ میکرون از طریق این آزمایش قابل شناسایی می باشند لذا برای شناسایی ذرات بزرگتر از ۵ میکرون لازم است تا از آزمایشات دیگر مانند آزمایش فروگرافی مشاهداتی کمک گرفت. در این آزمایش نمونه را در درجه حرارت بالا بوسیله گاز اسیتلن قرار می دهند. در این حالت نمونه به حالت بخار در می آید و اتم ها برانگیخته می شوند و از خود نور ساطع می کنند. نور ساطع شده توسط یک لنز جمع آوری می ش د و به یک فیلتر نوری منتقل می شوند. طیف ساطع شده از عناصر مخلوط در روغن به یک آشکار ساز منتقل می شوند و میزان عناصر موجود در روغن مشخص می شوند.

۱۰- سنجش ذرات آهن *(PQ)*: برای اینکه بتوانیم ذرات آهنی را تا محدوده ابعاد ۱۰۰ میکرون شناسایی کن م از این شیوه استفاده می شود.آزمایش PQ روشی است که طی آن بدون اینکه روغن مصرف شود از طریق میدان مغناطیسی ذرات آهنی تشخیص داده می شوند. در این آزمایش نمونه را در میدان مغناطیسی قرار می دهند و با استفاده از اثر هال ولتاژ دو سر نمونه (ولتاژ هال) را اندازه می گیرند. هر چه ولتاژ هال بیشتر باشد تراکم ذرات درشت آهنی در نمونه بیشتر است و در نتیجه شاخص PQ بزرگتر است.

۱۱- آزمایش شمارنده ذرات: این آزمایش براساس استاندارد $ISO\ 4406$ صورت می پذیرد و با استفاده از این تکنیک قادر خواهیم شد تا نسبت به ابعاد ذرات جامد معلق و میزان آنها در روغن شناسایی و کنترل داشته باشیم. در این آزمایش با استفاده از تابش نور لیزر تعداد ذرات در یک میلی لیتر روغن شمارش می شوند و اندازه ذرات توسط حسگر نوری از پایین نمونه تعیین می شود. شمارش برای ذرات با ابعاد مختلف بطور جداگانه انجام می شود. این تقسیم بندی اندازه ای عبارت از: بزرگتر از ۲ میکرون، بزرگتر از ۵ میکرون ، بزرگتر از ۱۰ میکرون ، بزرگتر از ۱۵ میکرون ، بزرگتر از ۲۵ میکرون و بزرگتر از ۵۰ میکرون.

۱۲- فروگرافی: تکنیک فروگرافی در دهه ۱۹۷۰ برای جبران کاستی های روش آنالیز اسپکتروسکوپیک روغن توسعه یافت. در روش فروگرافی از یک میدان مغناطیسی قوی برای جدا سازی ذرات فرسایشی موجود در روغن استفاده می شـ د و به دو روش مستقیم و مشاهداتی می باشد.

۱۲-۱- فروگرافی مستقیم: آزمایش فروگرافی مستقیم می تواند میزان پیشرفت فرسایش غیر عادی را شناسایی نماید، پیشرفت فرسایش و توسعه آن در سطح و عمق قطعات صورت می پذیرد و یکی از علامت ها و نشانه های آن جدا شدن ذرات بسیار درشت از سطوح فلزات است (ذرات با ابعاد بیش از ۵۰ میکرون).

در این روش به کمک میدان مغناطیسی قوی ذرات ریز و درشت در دو محدوده مختلف متمرکز می شوند. برای این کار نمونه رقیق شده روغن را در یک لوله باریک شیشه ای که در کنار یک میدان مغناطیسی قوی قرار گرفته و با شیب کم نسبت به افق، روبه بالا قرار دارد، به جریان در می آورند به علت تأثیر میدان مغناطیسی، ذرات آهنی درشت(بزرگ تر از ۵ میکرون) در ابتدای لوله ته نشین می شوند و بوسیله فوتو دیود اول شناسایی می شوند، ذرات آهنی ریز (کوچک تر از ۵ میکرون) به علت سبک تر بودن در قسمت بالاتر متوقف و به وسیله فوتو دیود دوم شناسایی و اندازه گیری می شوند. زمانی که نور به ذرات برخورد می کند یا جذب و یا منعکس می شود و زمانی که از نمونه خارج می شود، دستگاه با توجه به نسبت نور فرستاده شده و دریافت شده در طرف دیگر نمونه برای هر فوتو دیود یک عدد به ما می دهد که این عدد شاخصی از مقدار ذرات ریز و درشت در نمونه روغن می باشد.

۱۲-۲- فروگرافی مشاهداتی: این روش برای مطالعه ذرات فرسایشی دستگاه ها و تجهیزات گرانقیمت و یا حساس (موتورهای سنگین، هواپیما، سیستمهای هیدرولیک و ...) به کار گرفته می شود. در این آزمایش نمونه روی یک اسلاید پخش می شود. در عمل اسلاید با یک شیب بسیار ملایم نسبت به خط افق قرار داده می شود تا سیال بتواند به کمک نیروی جاذبه جریان پیدا کند. اسلاید بالای یک آهن ربا قرار داده می شود. قطب های این آهن ربا در مجاورت اسلاید، مخالف هم می باشد و یک میدان مغناطیسی قوی ایجاد می کند. ذرات موجود که در اثر نیروی گرانش در حال حرکت به سمت پایین هستند در مسیر خود با میدان مغناطیسی مواجه می شوند و با توجه به اندازه خود ته نشین می شوند. پس از این مرحله نمونه به کمک شوینده های خاصی شستشو داده می شود. پس از تبخیر ماده شستشو دهنده، ذرات به طور ثابت بر روی سطح باقی می مانند. مرحله بعد مشاهدات میکروسکوپی می باشد.

بررسی اقتصادی اتوماسیون تعمیرات ماشین ها

اجرای مهندسی نت و مراقبت وضعیت ماشین ها از جنبه های مختلفی باعث صرفه جویی اقتصادی در کشور می شود. اهداف اقتصادی از اصلی ترین انگیزه برنامه مراقبت وضعیت می باشد. با بکارگیری این برنامه بطور مستمر، باعث صرفه جویی های اقتصادی مستق م و غیر مستقیم می شود. صرفه جویی های مستقیم شامل مواردی از قبیل افزایش عمر مفید قطعات، کاهش قیمت تمام شده در اثر کارکرد بیشتر ماشین، هزینه تعویض قطعات و کاهش مواد مصرفی و موارد دیگر می باشد. صرفه جویی های اقتصادی غیر مستقیم که در بسیاری موارد اهمیت بیشتری دارد، نیز شامل کاهش توقف دستگاه، کاهش سرمایه گذاری مضاعف، کاهش نیروی انسانی تعمیرات، کاهش انبار قطعات یدکی و مواردی از این قبیل می باشد(۴). در اینجا به مثال هایی ب ای روشن شدن صرفه جویی های اقتصادی مستقیم و غیر مستقیم پرداخته شده است.

صرفه جویی مستقیم: در تحقیقی که رضایی و همکاران روی تراکتور *MF399*، و بلدوزر *D155* توسط آنالیز روغن انجام دادند به نتایج مطلوبی مبنی بر کاهش هزینه تعمیرات دست یافتند که در جدول ۲ نشان داده شده است. در این تحقیق در یک بازه زمانی شش ماهه از تست سنجش *PQ* (شاخص ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون)، تست میزان آب در روغن، تست نقطعه اشتعال جهت بررسی اشکال در سیستم سوخت رسانی، تست میکروسکوپی برای تشخیص آلودگی هایی نظیر سیلیس و گردو خاک و تست گرانروی استفاده شده است. در این بررسی نشان داده شده است که استفاده از این تست ها، هزینه تعمیرات به مقدار قابل توجهی کاهش داده و تعمیرات جزیی از تعمیرات اساسی پیشگیری کرده است(۵).

صرفه جویی غیر مستقیم در صنعت کشاورزی: در یک مطالعه موردی انجام شده در ماشین های کشاورزی که در شرکت های کشت و صنعت امام خمینی شوشتر و سد شهید عباسپور در مسجد سلیمان بطور مشترک انجام شد به این صورت که در سال اول ۸۲، اطلاعات بدون برقراری مراقبت وضعیت و در سال دوم ۸۳، با برقراری این سیستم در ۵۰٪ از ماشین های نمونه و در سال سوم ۸۴، با برقراری آن در ۱۰۰٪ ماشین ها نتایج جدول ۳ حاصل شد. با توجه به این نتایج این روش بطور غیر مستقیم صرفه جویی اقتصادی بالایی داشته است(۱).

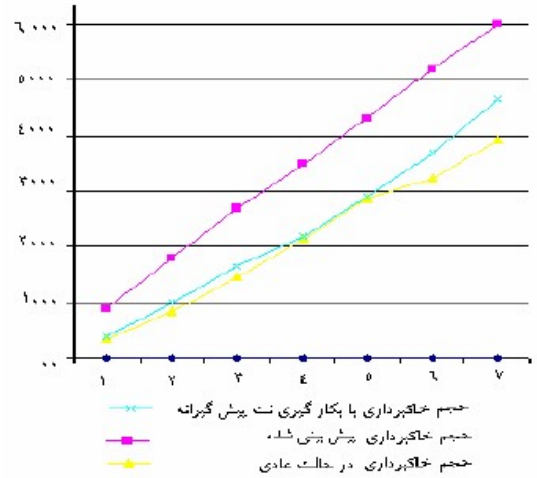
جدول ۲. نتایج اقتصادی اجرای *CM*

هزینه در یک سال(ریال)	بلدوزر *D155*		تراکتور *MF399*	
	قبل از اجرای *CM*	قبل از اجرای *CM*	بعد از اجرای *CM*	بعد از اجرای *CM*
هزینه روغن موتور	۱۰۵۰۰۰۰۰	۵۲۵۰۰۰۰	۷۰۰۰۰۰۰	۳۵۰۰۰۰۰
هزینه فیلتر	۱۲۷۵۰۰۰	۶۳۷۵۰۰	۲۵۰۰۰۰	۱۲۵۰۰۰
هزینه ناشی از توقف دستگاه در هنگام سرویس	۳۳۷۵۰۰۰	۱۶۸۷۵۰۰	۱۸۷۵۰۰۰	۹۳۷۵۰۰
هزینه اجرای CM برای موتور	----------	۸۱۰۰۰۰	--------	۸۱۰۰۰۰
جمع کل	۱۵۱۵۰۰۰۰	۷۵۷۵۰۰۰	۹۱۲۵۰۰۰	۴۵۶۲۵۰۰
جمع کل مبلغ صرفه جویی شده در یکسال	**۶۷۶۵۰۰۰**		**۳۷۵۲۵۰۰**	

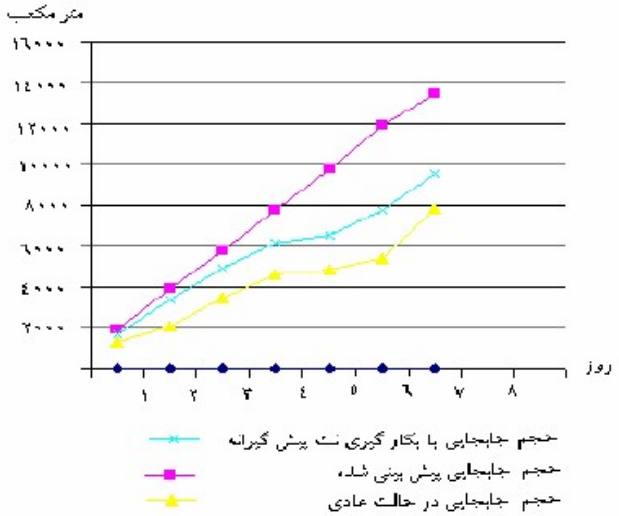
جدول ۳. نتایج صرفه جویی غیر مستقیم در اجرای مراقبت وضعیت ماشین های کش رزی

	سال ۸۲	سال ۸۳	سال ۸۴
هزینه برقراری مراقبت وضعیت (ریال)	۰	۳۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۹۵۰۰۰۰۰۰۰
میزان خواباندن ماشین (ساعت)	۱۲۹۶۰۰	۹۷۲۰۰	۷۷۷۵۰
میزان انبار قطعات یدکی (ریال)	۵۶۴۰۰۰۰۰	۵۷۵۰۰۰۰۰	۶۱۴۰۰۰۰۰
میزان دستمزد و اضافه کاری (ریال)	۳۲۴۴۰۰۰۰	۲۸۹۰۰۰۰۰	۲۷۶۰۰۰۰۰

صرفه جویی غیر مستقیم در صنعت راه سازی: در تحقیقی موسوی و همکاران اثر استفاده از مراقبت وضعیت را روی حجم خاکبرداری و بازه ماشین های راه سازی و تجهیزات تسطیح اراضی بررسی کردند. به نتایج بسار خوبی در اجرای مراقبت وضعیت در راه سازی رسیدند. که نتایج آن در شکل های ۳ و۴ و جدول ۴ نشان داده شده است(۶).



شکل ۳. میزان حجم خاکبرد ری(متر مکعب) بولدوزر در روزهای متوالی به صورت تجمعی



شکل ۴. میزان حجم جابجایی(متر مکعب) ماشین های لودر، کمپرسی و گریدر در روزهای متوالی به صورت تجمعی

جدول۴. نتایج استفاده از نت در راهسازی

نتایج	بلدوزر		لودر، کمپرسی و گریدر	
	حالت عادی	استفاده از نت پیشگیرانه	حالت عادی	استفاده از نت پیشگیرانه
هزینه تعمیرات(ریال)	۷۱۸۰۰۰۰	۶۰۵۰۰۰۰	۴۷۵۰۰۰۰۰	۲۸۴۰۰۰۰۰
زمان تلف شده(ساعت)	۶۸	۳۶	۴۱۰	۲۴۵
بازده٪	۶۵/۳	۷۷/۵	۵۹	۷۰/۵

که با توجه به این نتایج با بکارگیری سیستم نت پیشگیرانه حجم خاکبـ اری و جابجایی خاک توسط ماشین های راه سازی افزایش یافته و نهایتا" زمان تلف شده و هزینه تعمیرات کاهش و بازده ماشین جهت تسطیح اراضی افزایش یافته است.

نتیجه گ ری

در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران که بیشتر وارد کننده تکنولوژی و ماشین آلات مختلف صنعتی از کشورهای پیشرفته می باشد لازم است که در امر نگهداری و تعمیر با استفاده از تکنیک ها و سیستم های پیشرفته، سرمایه گذاری های لازم صورت پذیرد تا بتوان حداکثر بهره وری از سرمایه های هزینه شده در خرید ماشین آلات را بعمل آورد. یکی از جنبه های مهم برنامه های مراقبت وضعیت ماشین آلات از طریق آنالیز روغن بحث صرفه جویی اقتصادی است. در صورتی که آنالیز روغن به درستی و با اعمال مدیریت صحیح اجرا شود نه تنها قادر به کاهش قابل توجه هزینه در بخش نگهداری و تعمیرات می باشد بلکه نقش مهمی نیز در افزایش تولید یا خدمات خواهد داشت. برنامه CM فقط یک شیوه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیست بلکه یک منبع سرشار اطلاعات مدیریتی است که می تواند به خوبی به آمادگی تجهیزات در جهت تدوین و برنامه ریزی کار کمک کند. به عنوان یک روش نگـ اری و تعمیرات آنالیز روغن می تواند نگاه عمیق به درون ماشین داشته باشد و شرایط نامطلوب دستگاه را که نادیده انگاشته شده و یا مخفی بوده، مشخص نماید. با توجه به این بررسی استفاده از مهندسی نت نقش مهمی در جلوگیری خرابی و صرفه جویی اقتصادی در شاخه های مخلف صنعت دارد و تحقیقات و توسعه آن در ایران با توجه به مسائل اقتصادی امری مهم و ضروری می باشد.

مراجع

۱- رضایی, م.، محتسبی، س.، خوشرو، ع.، "بررسی وضعیت ماشین های کشاورزی با استفاده از آنالیز ذرات فرسایشی و روانکارها" ، سومین کنفرانس مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۳۰-۲۹ فروردین ۱۳۸۶.

۲- عزیزیان، ح.، "نگهداری و تعمیرات قابل پیش بینی به کمک روش مراقبت وضعیت در جعبه دنده ها" ، اولین کنگره ملی نگهداری و تعمیرات ایران، شهریور ۱۳۷۳.

۳- فیلی زاده، م. ر.، ابراهیمی، ح.، "مقدمه ای بر مراقبت وضعیت و کارﺒ د و مراحل اجرایی آن در صنعت" ، سومین کنگره ملی نگهداری و تعمیرات ایران، ۱۳۸۴.

٤- مسعودی, ع.، "روش های مراقبت وضعیت و موانع توسعه آن در کشور" ، گروه تحقیقات آزمایشگاه آنالیز روغن شرکت البرز تدبیرکاران، مقاله شماره ۱۳، تابستان ۱۳۷۹.

۵- موسوی, م.، "کاندیشن مانیتورینگ و اتوماسیون تعمیرات در ماشین های کشاورزی" ، سومین کنفرانس مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۳۰-۲۹ فروردین ۱۳۸۶.
۶- موسوی, م.، کیانی، م.، "مهندسی نت پیشگیرانه در ماشین آلات و تجهیزات تسطیح اراضی" ، سومین کنفرانس مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۳۰-۲۹ فروردین ۱۳۸۶.

7- Barkov, Alexi and Azovtsev, A New Generation of Condition Monitoring and Diagnostic system, 2001.
8- Mark Barnes,"Water The Forgotten Contamination" , Practicing Oil Analysis Magazine, Issue Number: 200107
9- www.iran-net.ir
10- www.irma.ir
11- www.oillab.com
12- www.pmi.org
13- www.tavannet.com

A review of new technology in automation maintenance and repairing machines

A. Moallemi Oreh, B. Bahri, M. Karkon

Abstract

By advent of high technology in producing different parts of machines such as agricultural machines, and increasing the expense of repairs, discussing about condition monitoring is undeniable. One of the important aims of condition monitoring is to prevent of severe dysfunction by analyzing the process of disordering in various stage and also pinpoints the condition of machine. In order to perform the automation maintenance and repair in machines, there are different new methods that distinguish the failure and indicate it before deterioration in machines. This methods named maintenance and repair engineering and also uses in order to reduce the expenditure in agriculture industry. This paper denotes to introduce different main methods in maintenance and repair engineering and inspection of oil conditioning that is the most important way in condition monitoring, additionally this article includes the economical way of using this method in agricultural machines. Concerning this investigation the maintenance and repair engineering has a great role in saving money in different industries, so research about this field and extending the maintenance and repair engineering is vital in Iran due to the economical problem.

Keywords: ***Automation repairing, Agricultural machinery, Condition Monitoring and Economy.***