



## موفقیت‌های حاصل از مراقبت وضعیت ماشین‌آلات کشاورزی از طریق آنالیز روغن

رسول خدابخشیان<sup>۱</sup>، محسن شاکری<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مهندس طراح شرکت طوس فدک

۲- عضو هیئت علمی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

ra\_kh544@stu-mail.um.ac.ir

### چکیده

نگهداری و تعمیرات در صنعت و بخصوص ماشین‌آلات ضروری است. ماشین‌آلات کشاورزی به علت کار در شرایط بار زیاد، زمینهای ناهموار، محیط آلوده به گرد و خاک و دیگر شرایط سخت اقلیمی به برنامه نگهداری و تعمیرات دقیق، منظم، قطعات و مواد مصرفی با کیفیت خوب نیاز مند می‌باشد. در غیر اینصورت هزینه نگهداری و تعمیرات بسیار زیاد خواهد شد و ماشین‌آلات در تقویم زراعی مشخص، در دسترس و قابل استفاده نخواهد بود. اعمال یک برنامه مراقبت وضعیت در واقع پیش بینی زمان دقیق خرابی، کاهش وقفه‌های زمانی در بهره برداری از ماشین‌آلات کشاورزی، افزایش ایمنی، صرفه جوییهای مالی و بطور کلی افزایش در راندمان برداشت محصول از واحد سطح را بوجود می‌آورد. فن آوری مراقبت وضعیت در خصوص ماشین‌آلات در کشورهای صنعتی دنیا و ایران تجربه شده و نتایج خوبی نیز در بر داشته است. در این مقاله کاربرد این روش در خصوص سایر ماشین‌آلات بررسی شده و معایب و مزایای آن مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و با توجه به ویژگی‌های ماشینهای کشاورزی، کیفیت نگهداری و تعمیرات، مواد مصرفی، وضعیت مزارع و نیروی انسانی مرتبط، در خصوص تراکتور که یکی از ماشین‌های کشاورزی مهم می‌باشد، کاربرد تکنیک مراقبت وضعیت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: نگهداری و تعمیرات، ماشین‌آلات کشاورزی، تراکتور، مراقبت وضعیت، آنالیز روغن

## مقدمه

روند توسعه مکانیزاسیون در جهان نشان می دهد که افزایش کاربری تراکتورها در کشاورزی و افزایش سهم توان مکانیکی در عملیات سبب افزایش تولید محصول می شود. و توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حد زیادی تابع میزان و چگونگی به کارگیری تراکتور های زراعی این منبع تولید توان می باشد (رنجبر و همکاران، ۱۳۷۵). استفاده بهینه از تراکتور در گرو میزان توجه به کیفیت و دوام قطعات مصرفی آن می باشد. در صورتی که کیفیت قطعات در حد مطلوب نباشد شکستگی و فرسودگی آنها موجب ایجاد توقف های ناخواسته در مزرعه می شود و این امر در عملکرد فنی و بازده اقتصادی ماشین مؤثر است. لذا باید احتمال خرابی، زمان تعمیر و علل آن را مورد توجه قرار داد. احتمال خرابی برابر با نسبت دفعات رخداد خرابی به کل دفعات مورد بررسی می باشد (هانت، ۱۳۸۱).

از طرفی توسعه ماشین آلات و ایجاد سیستم های پیشرفته در قرن اخیر، باعث استفاده کمتر از نیروی درگیر در پروژه شده است. همچنین با توجه به اینکه صنعت کشاورزی در کشور ما روند رو به رشد خود را به سرعت طی می نماید و در آینده ای نه چندان دور مجبور به رقابت با شرکت های بزرگ خواهد شد، از این رو مدیران بایستی آمادگی لازم برای تطبیق با سیستم های جدید مدیریتی از جمله مدیریت نگهداری و تعمیرات را داشته باشند تا بتوانند بر پایه نظم نوین حاکم بر این مدیریت، امتیاز رقابت در عرصه جهانی را بدست آورده و در جهت رسیدن به بهترین میزان بهره وری و قابلیت اطمینان حرکت نمایند. در واقع پیش بینی زمان دقیق خرابی و تعمیرات باعث کاهش هزینه تعمیرات، کاهش وقفه های زمانی در بهره برداری از ماشین آلات، امکان برنامه ریزی موثرتر، افزایش ایمنی، صرفه جوئی های مالی و افزایش بازده اقتصادی می شود.

در ایران، هزینه های تعمیرات و تعویض قطعات نسبت به استاندارد جهانی رقم نسبتاً بالایی را نشان می دهد. کاهش هزینه های فوق می تواند کمک قابل توجهی در جهت بهره برداری درست از ماشین ها و رفع معایب موجود را در راه ماشینی کردن تولید در بخش کشاورزی باشد (هانت، ۱۳۸۱). در همین زمینه، در مطالعه نوری نابی (۵)، کاربرد تراکتور در استان خراسان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس نتایج این مطالعه، نرخ بازده سرمایه گذاری در خرید و استفاده از تراکتور معادل ۶۵ درصد و میانگین هزینه نگهداری و تعمیر هر دستگاه تراکتور در سال ۱۳۶۷ در این استان برابر ۲۴ درصد ارزش روز ماشین برآورده شده است. همچنین هزینه قطعات یدکی ۵۴.۷ درصد، تیر و تیوب ۳۵.۴ درصد، فیلترهای روغن و سوخت ۷.۹ درصد و اجرت تعمیر ۱۲ درصد از هزینه های نگهداری و تعمیر را به خود اختصاص داده است (نوری، ۱۳۷۲).

## - مراقبت وضعیت

یکی از روشهای نوین در مهندسی نت، مراقبت وضعیت می باشد. 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 (عزیزیان، ۱۳۷۳). بر این اساس روش های متعددی برای مراقبت وضعیت موجود می باشد. در یک جمله مراقبت وضعیت عبارت است از استخراج مستمر و متناوب

اطلاعات از درون یک سیستم، در حالیکه سیستم کماکان در حال کار عادی خود می باشد. با بکارگیری مراقبت وضعیت می توان به کاهش سطح تعمیرات عمومی، کاهش تعداد خرابی های سنگین و پر هزینه، کاهش مصرف قطعات مصرفی، امکان کنترل کیفی قطعات 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. بطور کلی مراقبت وضعیت به دو روش انجام می گیرد. یکی چک کردن ماشین در مواقع مختلف (موقتی) که در این روش زمان چک کردن بستگی به محاسبات ثبت شده در مواقع بررسی دارد. روش دوم مراقبت وضعیت ماشین به طور دائم می باشد.

#### - مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن

چون روانکاری اغلب سیستم های اصلی ماشین آلات به روش اصطکاک تر انجام می گیرد. بنابراین روغنی که پیوسته در حال گردش و تماس با قطعات مختلف داخلی سیستم است حاوی اطلاعات جامعی در مورد فعل و انفعالات درونی سیستم بوده و این اطلاعات از طریق آزمایشات مختلفی که روی نمونه روغن انجام می شود قابل استحصال می باشد. با تحلیل نتایج حاصله می توان علل و منشاء فرسایش را شناسایی و نسبت به اصلاح آن اقدام نمود. امروزه استفاده از این روش به عنوان ابزار قدرتمندی در کنترل وضعیت ماشین آلات علاوه بر بهره برداران، توجه تولید کنندگان را به خود جلب کرده است. نظر به اینکه طی سال های اخیر آزمایشگاه های آنالیز روغن نسبتاً مجهزی در داخل کشور ایجاد شده، بکارگیری این روش می تواند گام مناسبی در راستای کاهش فرسایش (افزایش عمر مفید) و کاهش هزینه های بکارگیری، نگهداری و تعمیرات ماشین آلات باشد.

#### - آنالیز روغن

یکی از روش های پایش وضعیت که در اکثر ماشین ها اهمیت فوق العاده ای دارد، آنالیز روغن است. روش پایش روغن در تشخیص مشکلات سیستم های مکانیکی که اجزاء 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 آنها پی برد بطور 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 یاتاقان ها، فرسایش غیر عادی ریتگ و پیستون موتورها، فرسایش شافت ها و دنده های گیربکس و پمپ های هیدرولیک را مورد شناسایی قرار داد و نسبت به رفع عوامل آنها اقدام کرد. بطور 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. در آنالیز روغن برای پیش بینی و یا پی بردن به عیوب ماشین، آزمایش های زیادی انجام می شود (احمدی، ۱۳۸۶).

## – آزمایشات معمول در آنالیز روغن

### ۱- کمیت سنجی ذرات (PQ)

برای انجام این آزمایش از دستگاه PQ استفاده می شود. این دستگاه برای نشان دادن ذرات آهنی موجود در روانکار به کار می رود. اساس کار دستگاه کمیت سنج ذرات که یک مغناطیس سنج است، اندازه گیری تغییرات در نیروی مغناطیسی میدان مغناطیسی در اثر مجاورت نمونه روغن می باشد. در واقع خطوط مغناطیسی یک کویل که در دستگاه تعبیه شده توسط ذرات آهنی موجود در نمونه روغن دچار انحراف شده و میزان این تغییرات به وسیله سیستم دیجیتال نمایش داده می شود. نتایج نشان داده شده توسط دستگاه به عنوان ایندکس PQ خوانده می شوند و در واقع واحدی ندارند. بالا بودن شاخص ذرات درشت آهنی PQ نشان دهنده میزان حضور ذرات درشت آهنی بزرگتر از ۱۰ میکرون می باشد. ذرات درشت تر آهنی، با سیاه شدن رنگ روغن همراه می باشد (احمدی، ۱۳۸۶).

### ۲- آزمایش ویسکوزیته

مقاومت روغن نسبت به جاری شدن به دلیل اصطکاک داخلی مولکولهای آن، گرانیروی نامیده دارد. جهت تعیین گرانیروی سینماتیک معمولاً از لوله های موئین که ویسکومتر نامیده می شود، استفاده می شود. گرانیروی روغن با افزایش دما، کاهش و با کاهش دما افزایش می یابد. هر چه شاخص گرانیروی روغنی بالا باشد، تغییرات گرانیروی آن بر اثر تغییر درجه حرارت کمتر خواهد بود. واحد اندازه گرانیروی، سانتی استوک (c.st) می باشد. آزمایش ویسکوزیته در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد صورت گرفت. استفاده از روغن با ویسکوزیته نامناسب می تواند مشکلات جبران نا پذیری به قسمت های مختلف ماشین آلات وارد نماید. این مشکل اغلب در اثر عدم آگاهی بخش های سرویس می تواند اتفاق افتد. نفوذ گازوئیل به داخل موتور موجب افت ویسکوزیته روغن و صدمات مربوط به کاهش فشار روغن را به دنبال خواهد داشت (نهالپوری، ۱۳۸۶).

### ۳- آزمایش آب

یکی از مهمترین خرابی دستگاه ها و موتورها، آلودگی توسط سیال موجود در آن است که شامل آب یا ضد یخ می باشد. پی گیری و ثبت آلودگی های ذرات موجود در یک روانکار، ما را وادار می کند که در جهت رفع آن به سلامت دستگاه توجه کامل داشته باشیم. به عنوان مثال آب داخل روغن، پتانسیل بالائی برای ایجاد مشکل در دستگاهها و موتور ها دارد. در حالی که مقدار آب موجود در روغن به نقطه بحرانی رسید، می گویند آب آزاد تشکیل شده که موجب اکسیداسیون، تشکیل امولسیون، افزایش اصطکاک و تغییر مشخصات روغن از قبیل تجزیه مواد افزودنی، اختلاف غلظت، افزایش هدایت الکتریکی می شود. به طور کلی آب یک آلوده کننده شیمیائی تلقی

می شود. پایش وضعیت روغن می توان به عنوان ابزاری برای ارزیابی وضعیت دستگاه و پیش بینی وضعیت آینده آن باشد. تحقق تعیین درست زمان تعویض روغن به دلیل عناصر فرسایشی و یا آلایندهای موجود در آن مثال بارزی از پایش وضعیت می باشد. هدف از این کار دستیابی به سلامت روغن می باشد. شرایط روغن تحت تاثیر عوامل زیادی همچون شرایط کارکرد، بارگذاری و بهره برداری از ماشین، مشخصات عمومی سازنده دستگاه و مشخصات خاص دستگاه مانند عمر، لقی ها و تلرانس ها و غیره می باشد. در نتیجه استفاده از پایش وضعیت به عنوان یک راه حل دارای نتایج مطلوبی است. با آزمایشات معمول آلودگی آب، نمی توان مقدار آب موجود در روغن موتور را به طور صحیح نشان داد. زیرا روغن موتور به قدری داغ هست که اب موجود در آن بخار می شود. اما آنالیز آب در سیستم های هیدرولیک و گیربکس بسیار مناسب می باشد. در این مورد اجرای برخی از تغییرات از جمله تعویض فیلترها و آب بندی های سیستم ضروری است.

### مطالعه موردی

به منظور مطالعه و بررسی روش مراقبت وضعیت در پروژه های کشاورزی، انجام این روش از طریق آنالیز روغن گیربکس و سیستم هیدرولیک تراکتور جاندر ۳۱۴۰ در سه مرحله کاری (شخم زنی، دیسک زنی و بذر کاری) بررسی شد و نتیجه حاصل مورد ارزیابی قرار گرفت. بر روی نمونه ها، آزمایشات PQ، ویسکوزیته و تست آب انجام و مشاهده شد که همه نمونه ها فاقد آلودگی آب بودند و ویسکوزیته با تغییرات اندکی تقریباً ثابت بود. نتایج بدست آمده نشان داد که مقدار PQ روغن گیربکس و هیدرولیک تراکتور جاندر ۳۱۴۰ از مرحله شخم زنی به مرحله دیسک و غلتک در حال افزایش است. نتایج حاصل در جداول ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج آزمایشات در مرحله شخم زنی

-	۵۸	۴۶۹	۷
-	۵۶	۴۴۹	۸
-	۵۶	۴۴۰	۹
-	۵۷	۴۵۷	۱۰
-	۵۷	۴۵۹	۱۱
-	۵۷	۴۷۰	۱۲
-	۵۶	۴۸۵	۱۳
-	۵۷	۴۵۰	۱۴

آب	ویسکوزیته	میانگین PQ	ردیف
-	۵۷	۵۱۴	۱
-	۵۶	۵۲۰	۲
-	۵۶	۴۸۲	۳
-	۵۸	۴۸۶	۴
-	۵۷	۳۸۶	۵
-	۵۷	۴۲۵	۶

-	۵۷	۴۷۷	۱۹
-	۵۶	۴۳۱	۲۰

-	۵۶	۴۵۸	۱۵
-	۵۷	۴۱۱	۱۶
-	۵۷	۴۶۱	۱۷
-	۵۸	۴۵۹	۱۸

جدول ۲- نتایج آزمایشات در مرحله دیسک زنی

-	۴۹	۴۳۹	۴
-	۴۹	۵۲۹	۵
-	۵۰	۵۶۹	۶
-	۵۰	۴۴۸	۷
-	۵۰	۴۴۴	۸

آب	ویسکوزینه	میانگین PQ	ردیف
-	۵۰	۴۹۴	۱
-	۵۶	۴۶۷	۲
-	۵۸	۴۵۹	۳
-	۵۷	۴۴۲	۴
-	۵۵	۴۲۹	۵
-	۵۰	۴۴۲	۶
-	۵۸	۴۶۷	۷
-	۵۷	۴۹۳	۸
-	۵۶	۴۴۴	۹
-	۵۸	۴۸۲	۱۰

جدول ۳- نتایج آزمایشات در مرحله

بذرکاری

آب	ویسکوزینه	میانگین PQ	ردیف
-	۴۷	۴۳۵	۱
-	۴۸	۴۳۰	۲
-	۴۸	۴۸۷	۳

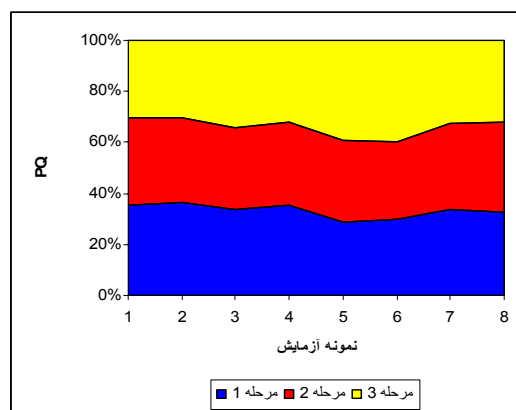
نتایج بدست آمده از آزمایش PQ نشان داد که:

- حداقل PQ از مرحله شخم زنی به مرحله دیسک زنی و سپس به مرحله بذر کاری در حال افزایش است (جدول ۴).
- حداکثر PQ از مرحله شخم زنی به مرحله بذر کاری در حال افزایش است. در مرحله دیسک زنی، عدد PQ همخوانی با روند افزایش ندارد و این ممکن است ناشی از اندازه گیری دردمای پائین باشد (جدول ۴).
- متوسط PQ از مرحله شخم زنی به مرحله دیسک زنی و سپس به مرحله بذر کاری در حال افزایش است (جدول ۴).

جدول ۴- نوع مقادیر در مراحل مختلف عملیات تراکتور

مرحله سوم	مرحله دوم	مرحله اول	شماره مراحل / نوع مقدار
۴۳۰	۴۲۹	۳۸۶	حداقل
۵۶۹	۴۹۴	۵۲۰	حداکثر
۵۶۹	۴۶۱	۴۵۹	متوسط

نتایج ارزیابی PQ نشان داد که تأثیر آشکار سازی وضعیت تراکتور در شرایط کاری در اثر اعمال یک برنامه مراقبت وضعیت معنی دار می باشد (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه وضعیت مقادیر PQ در سه مرحله کاری

مقایسه نتایج حاصله در هر سه حالت با نتایج بدست آمده در بکارگیری آنالیز روغن در تراکتور MF285 نشان داد که میزان تغییرات PQ بدست آمده معنی دار می باشد (خدابخشیان و همکاران، ۱۳۸۷). تحقیق انجام شده توسط آقای دارابی بر روی تراکتور U-650 نیز نشان داد که مقدار PQ روغن گیربکس و هیدرولیک از مرحله شخم زنی به

مرحله دیسک و غلتک در حال افزایش بود و با نتایج حاصله از این پژوهش همسو می باشد. نتایج نشان می دهد که در صد کم تغییرات در خصوص شاخص های فرسایشی موجود در روغن می تواند عامل تعیین کننده ای در زمان تعویض روغن باشد.

## نتیجه گیری

با توجه به اینکه صنعت کشاورزی در کشور ما روند رو به رشد خود را به سرعت طی می نماید و در آینده ای نه چندان دور مجبور به رقابت با شرکت های بزرگ خواهد شد، از این رو مدیران بایستی آمادگی لازم برای تطبیق با سیستم های جدید مدیریتی از جمله مدیریت نگهداری و تعمیرات را داشته باشند تا بتوانند بر پایه نظم نوین حاکم بر این مدیریت، امتیاز رقابت در عرصه جهانی را بدست آورده و در جهت رسیدن به بهترین میزان بهره وری و قابلیت اطمینان حرکت نمایند. از روشهای نوین در مهندسی نت، مراقبت وضعیت می باشد. یکی از جنبه های مهم برنامه های مراقبت وضعیت ماشین آلات از طریق آنالیز روغن بحث صرفه جویی اقتصادی است. در صورتیکه آنالیز روغن بدرستی و با اعمال مدیریت صحیح اجرا شود نه تنها قادر به کاهش قابل توجه هزینه در بخش نگهداری و تعمیرات می باشد بلکه نقش موثری نیز در افزایش تولید و یا خدمات خواهد داشت. برنامه مراقبت وضعیت 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 و تولید کمک کند. در این بین آنالیز روغن می تواند نگاه عمیقی به درون ماشین داشته باشد.

## منابع

- ۱- ا، رنجبر. ح. قاسم زاده و ش. داوودی، توان موتور و تراکتور(ترجمه)، انتشارات دانشگاه تبریز. ۱۳۷۵
- ۲- ح، احمدی. "تعیین زمان تعویض روغن موتور دیزل جرثقیل ۱۴۰ تنی لیبر مدل LHM500G به کمک پایش وضعیت روغن". چهارمین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات تهران. ۱۳۸۶.
- ۳- ح، عزیزیان. "نگهداری و تعمیرات قابل پیش بینی به کمک روش مراقبت وضعیت در جعبه دنده ها". اولین کنگره نگهداری و تعمیرات ایران. شهریور ۱۳۷۳.
- ۴- ر، خدابخشیان. م، شاکری. برادران، ج. "پایش وضعیت در بهینه سازی برنامه نگهداری و تعمیر ماشین آلات کشاورزی". پنجمین کنگره نت. ایران. مرکز همایشهای رازی. ۱۳۸۷.
- ۵- د، هانت، مدیریت تراکتور و ماشین های کشاورزی، ترجمه بهروزی لار، انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۸۱.
- ۶- ع، نهالپروری. "مدیریت بر ماشین آلات عمرانی از طریق آنالیز روغن". چهارمین کنفرانس بین المللی. تهران. ۱۳۸۶.
- ۷- م، نوری نایینی. "اقتصاد کاربرد تراکتور در ایران(مطالعه موردی استان خراسان)", فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۳، سال اول ۱۳۷۲.
- ۸- ی، دارابی. "کاربرد تکنیک Condition Monitoring در بهینه سازی برنامه نگهداری و تعمیرات ماشین آلات کشاورزی(تراکتور)", پایان نامه کارشناسی ارشد. ۱۳۸۱.