عدم کفایت شاخص ساعت‌کارکرد روانکار درتعیین زمان انجام آنالیزطیفی روانکار؛ بررسی آماری

محمدرضا پوررمضان[1*]، عباس روحانی[2]، نعمت کرامت سیاوش[3]، محمدزارعین[4]

۱. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. (mr.pourramezan@mail.um.ac.ir)
۲. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. (arohani@um.ac.ir)
۳. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (n.keramat@modares.ac.ir)
۴. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (m.zarein@modares.ac.ir)

چکیده

تعویض به‌هنگام روانکار موتور موجب کارایی بهتر و افزایش طول عمر موتور می‌شود، با این وجود تشخیص زمان مناسب برای تعویض روغن امری چالش برانگیز می‌باشد. مصرف‌کنندگان در این خصوص با دو گزینه رو به رو می‌باشند. گزینه‌ی اول این است که روغن را در فواصل توصیه شده به صورت منظم تعویض نمایند و گزینه‌ی دیگر این است که روغن را پیش از رسیدن به فواصل توصیه شده‌تعویض نمایند. هردو گزینه در میان‌مدت و دراز مدت توجیه اقتصادی نداشته چرا که میزان تخریب روانکار موتور وابسته به شرایط کاری دستگاه می‌باشد. با پیشرفت دانش نگهداری و تعمیرات، پایش وضعیت از طریق آنالیز روغن در دستور کار متخصصین امر قرار گرفته‌است. در این زمینه نیز ساعت‌کارکرد به عنوان شاخص در تعیین زمان نمونه‌گیری استفاده می‌شود در حالی که بنا به دلایل گفته شده، در نظر گرفتن فواصل منظم توجیه چندانی ندارد. در این پژوهش، به بررسی آماری نتایج آنالیزطیفی روانکار موتور دیزل ماشین‌آلات سنگین با در نظر داشتن ساعت‌کارکرد پرداخته‌شده‌است. برای این منظور مقایسه میانگین ساعت کارکرد روغن‌موتور، برای ۵۰۶ نتیجه آنالیز روغن موتور و بررسی درصد فراوانی وضعیت ۷۸ نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل روغن در چهار گروه ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ساعت کارکرد انجام گردید.

کلمات کلیدی:
آنالیزطیفی، روانکار، موتور، ساعت‌کارکرد، بررسی آماری

***محمدرضا پوررمضان،** mr.pourramezan@mail.um.ac.ir

عدم کفایت شاخص ساعت‌کارکرد روانکار درتعیین زمان انجام آنالیزطیفی روانکار؛ بررسی آماری

مقدمه

ماشین‌آلات‌کشاورزی به عنوان وسایل نقلیه خارج از جاده، ستون فقرات صنعت کشاورزی جهان می‌باشند؛ که به عنوان تامین‌کننده‌ی نیروی محرکه‌ی عملیات‌های گوناگون این صنعت کاربرد دارند [6]. افزایش رقابت در تولید محصولات کشاورزی، نیازمند بهبود نگهداری ماشین آلات است؛ که هدف از این کار کاهش هزینه‌های تعمیر در عین حفظ امنیت عملیات‌های زراعی [7]، افزایش قابلیت اطمینان و کارکرد ماشین‌آلات کشاورزی می‌باشد [3]. درسامانه‌های مکانیکی که اجزاء با روغن در تماس هستند؛ روش پایش روغن قابلیت بالایی در تشخیص عیوب مکانیکی دارد و به عنوان ابزاری مؤثر، امکان بهینه‌سازی سامانه‌ها و نظارت‌های مختلفی نظیر بررسی روند استهلاک، کیفیت قطعات و مواد و چگونگی انجام تعمیرات را فراهم می‌سازد [5].

تجزیه و تحلیل روغن شامل اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسیدیته، قلیاییت، وزن مخصوص و تعداد ذرات به روش طیف سنجی می‌باشد [10,11]. طیف‌سنجی روشی است که از مدل سری‌های تیلور برای تعیین نقص‌های فیزیکی، پردازش و تحلیل داده‌ها مبتنی بر طیف نور استفاده می‌کند [8]. تجارب به دست آمده نشان داده است که از طریق آنالیز روغن می‌توان به عیوب مختلفی نظیر خوردگی، مشکلات یاتاقان‌ها، فرسایش غیر عادی رینگ و پیستون موتورها، فرسایش غیرعادی شافت‌ها و دنده‌های گیربکس، پمپ هیدرولیک و غیره بادقت ۹۰ درصد پی‌برد. هم چنین به کمک این آزمایش‌ها می‌توان از سلامت روغن‌ها که نقش کلیدی در کار ماشین دارند، اطمینان حاصل نمود [1].

تراکتورهای کشاورزی در شرایط عملیاتی گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ در نتیجه موتور تراکتورها برای انجام عملیات‌های کشاورزی تحت محدوده گسترده و گوناگونی از اعمال بار می‌باشند [2]. این مهم برای موتورهای دیزل بکار رفته در دیگر ماشین‌آلات همچون کمباین در صنعت کشاورزی، لودر در صنعت عمران، کامیون‌ها در صنعت حمل و نقل و غیره قابل توجه و تاکید می‌باشد. با این حال، تولیدکنندگان موتورها و روان‌کننده‌ها، بدون در نظر گرفتن شرایط گوناگون کاری، فواصل منظمی را برای تعویض روغن پیشنهاد می‌نمایند. بنابراین، کشاورزان با دو گزینه مواجه خواهند بود [2]:

۱- **بدون در نظر گرفتن شرایط کاری، صرفا بر اساس فواصل زمانی منظم، اقدام به تعویض روغن موتور بنمایند؛ که می‌تواند منجر به استفاده بیش از اندازه از روغن موتور فرسوده شده و استهلاک موتور را بالا ببرد.**

۲- **پیش از سر رسید فواصل زمانی توصیه شده، اقدام به تعویض روغن بنماید؛ حتی اگر عمر مفید روغن به سر نیامده باشد.**

هر دو گزینه در میان مدت و دراز مدت منجر به ضرر اقتصادی خواهد شد. از این رو، ارزیابی وضعیت روغن در ماشین‌آلات کشاورزی بسیار مهم است؛ چرا که با نظارت و ارزیابی می‌توان از ضررهای فنی و اقتصادی سنگین جلوگیری نمود [9]. روش مرسوم طیف‌سنجی روغن دارای معایبی همچون هزینه بالا، صرف زمان زیاد [4] و عدم اطمینان از سالم بودن روانکار در طول مدت دریافت نتیجه آنالیز روغن می‌باشد. به طور معمول زمان انجام آنالیز روانکار بر اساس ساعت کارکرد روغن تعیین می‌گردد. در این پژوهش با مقایسه‌ی میانگین ساعت کارکرد روانکار موتور و نیز بررسی درصد فراوانی وضعیت نتایج آنالیزطیفی روانکار موتور در ساعت کارکردهای گوناگون اقدام به مطالعه‌ی کفایت شاخص ساعت‌کارکرد روانکار در تعیین زمان انجام آنالیز طیفی روانکارموتور خواهیم نمود.

مواد و روش ها

در این پژوهش، مقایسه میانگین ساعت کارکرد روغن‌موتور، برای ۵۰۶ نتیجه آنالیز روغن‌موتور به روش توکی در سطح معنی داری ۵ درصد بین سه کلاس وضعیتی نرمال، احتیاطی و بحرانی انجام گردید. فراوانی داده های مورد استفاده با در نظر داشتن سه وضعیت بحرانی، احتیاطی و نرمال به شرح جدول (۱) می‌باشد. همچنین، درصد فراوانی وضعیت ۷۸ نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل روغن در چهار گروه ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ساعت کارکرد بررسی شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مربوط به شرکت تیراژ می باشند. تیراژ یک شرکت عمرانی در سطح بین‌المللی است که در زمینه‌های جاده‌سازی، سد سازی، احداث راه آهن و ... فعالیت دارد. این شرکت دارای صدها ماشین سنگین راهسازی و کامیون و ... می‌باشد که واحد مدیریت ماشین‌آلات بطور مرتب با آنالیز روغن موتور، روغن سیستم انتقال قدرت و روغن هیدرولیک این ماشین‌آلات را پایش می‌نماید. پایش وضعیت روغن با وجود مزایای زیادی که دارد، با توجه به تکرر آن بسیار هزینه‌بر است. در تست‌های استاندارد این شرکت ۲۰ پارامتر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که هر کدام بسته به روش اندازه‌گیری هزینه منحصر به خود را دارد. جهت بررسی‌های آماری از نرم افزار Minitab 19 استفاده شد.

جدول ۱: فراوانی داده‌ها در وضعیت‌های سه‌گانه

وضعیت	ارزیابی آلودگی	ارزیابی فرسایش	ارزیابی روغن	ارزیابی کلی
نرمال	٤١٧	٤٠٦	٤٣٥	٣٥٣
احتیاطی	٥٦	٩١	٧١	١٢٦
بحرانی	٣٣	٩	-	٢٧

بحث و بررسی

نتایج مقایسه میانگین ساعت کارکرد روغن‌موتور، برای ۵۰۶ نتیجه آنالیز روغن‌موتور به روش توکی در سطح معنی داری ۵ درصد بین سه کلاس وضعیتی نرمال، احتیاطی و بحرانی در جدول (۲) آورده شده است. همانطور که ملاحظه می شود، این شاخص صرفا در ارزیابی روغن موثر می‌باشد چرا که توانسته است معنی داری را به دو گروه تقسیم کند در صورتی که این شاخص در ارزیابی آلودگی، فرسایش و کلی نتوانسته‌است بین سه وضعیت نرمال، احتیاطی و بحرانی اختلاف معناداری ایجاد کند. لذا این شاخص نمی‌تواند هشداری برای ارزیابی وضعیت و تعیین زمان انجام تجزیه و تحلیل روغن قرار گیرد. لازم به ذکر است، داده‌های بررسی شده از نظر وضعیت روغن صرفا در شرایط نرمال و احتیاطی قرار داشته‌اند و هیچ یک از داده‌ها در وضعیت بحرانی قرار نداشته‌است.

بررسی آماری ۷۸ نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل روغن در چهار گروه ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ساعت کارکرد در جدول (۳) آمده است. در ارزیابی آلودگی، ۹ و ۸ درصد از نتایج تجزیه و تحلیل روغن به ترتیب مربوط به ۵۰ و ۱۰۰ ساعت کارکرد در وضعیت بحرانی قرار داشته‌اند با این وجود هیچ یک از نتایج در ۱۵۰ ساعت کارکرد در وضعیت بحرانی قرار نگرفته است. در ارزیابی فرسایش، ۲٦ درصد از نتایج تجزیه و تحلیل روغن مربوط به ۵۰ ساعت کارکرد در وضعیت احتیاطی قرار دارند. در نتایج مربوط به ۱۰۰ ساعت کارکرد ۳٦ درصد از آن‌ها در وضعیت احتیاطی قرار گرفته‌اند. با این حال، ۲٦ درصد از نتایج تجزیه و تحلیل روغن مربوط به ۱۵۰ ساعت کارکرد در وضعیت احتیاطی قرار گرفته‌اند. اختلاف بین ۳٦ و ۲٦ درصد به ترتیب مربوط به ۱۰۰ و ۱۵۰ ساعت کارکرد معادل ۱۰ درصد می باشد که به نتایج با وضعیت نرمال افزوده شده‌است درحالی که انتظار می‌رفت با افزایش ساعت کارکرد این تعداد نتایج تجزیه و تحلیل

روغن در وضعیت بحرانی قرار بگیرند. در ارزیابی روغن، ۰، ۳۲، ۲۱ و ۲۷ درصد از نتایج تجزیه و تحلیل روغن به ترتیب مربوط به ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ساعت کارکرد در وضعیت احتیاطی قرار داشته‌اند. انتظار برآن است که درصد فراوانی نتایج با وضعیت احتیاطی در ۱۵۰ و ۲۰۰ ساعت کارکرد بیش از ۱۰۰ ساعت کارکرد باشد و یا آنکه اختلاف بوجود آمده به وضعیت بحرانی اضافه شده باشد در حالی که در این بررسی اختلاف بوجود آمده به فراوانی وضعیت نرمال در ۱۵۰ و ۲۰۰ ساعت کارکرد افزوده شده است. در ارزیابی کلی، ۴۰، ۵۲ و ۸ درصد از نتایج تجزیه و تحلیل روغن به ترتیب در وضعیت نرمال، احتیاطی و بحرانی در ۱۰۰ ساعت کارکرد قرار گرفته‌اند. در حالی که در ۱۵۰ ساعت کارکرد ۵۸ و ۴۲ درصد از نتایج به ترتیب در وضعیت نرمال و احتیاطی قرار دارند. با این وجود که انتظار می‌رفت بر درصد فراوانی وضعیت بحرانی در ۱۵۰ ساعت کارکرد افزوده شود؛ بررسی آماری نشان داده که هیچ یک از نتایج در ۱۵۰ ساعت کارکرد در وضعیت بحرانی قرار ندارند. همچنین در ۲۰۰ ساعت کارکرد ۴۵ درصد از نتایج در وضعیت نرمال قرار داشته‌اند و این امر بیانی دیگر برای عدم توانایی شاخص ساعت کارکرد برای هشدار وضعیت و تعیین زمان انجام تجزیه و تحلیل روغن می‌باشد.

جدول۲: مقایسه میانگین ساعت کارکرد روغن موتور با در نظر داشتن شرایط سه‌گانه‌ی ارزیابی ها

آلودگی			فرسایش			روغن			کلی		
نرمال	احتیاطی	بحرانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی
124.9[a]	129.5[a]	129.6[a]	125.4[a]	126.9[a]	126.7[a]	123.8[b]	137.3[a]	-	122.1[a]	134.2[a]	133[a]

جدول۳: درصد فراوانی نتایج آنالیز روغن موتور در وضعیت‌های سه گانه‌ی با در نظر داشتن ساعت کارکرد روغن

		آلودگی			فرسایش			روغن			کلی		
کارکرد روغن (ساعت)	فراوانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی	نرمال	احتیاطی	بحرانی
۵۰	۲۳	۸۳	۹	۹	۷۴	۲۶	۰	۱۰۰	۰	۰	۷۴	۲۶	۰
۱۰۰	۲۵	۶۸	۲۴	۸	۶۴	۳۶	۰	۶۸	۳۲	۰	۴۰	۵۲	۸
۱۵۰	۱۹	۷۴	۲۶	۰	۷۴	۲۶	۰	۷۹	۲۱	۰	۵۸	۴۲	۰
۲۰۰	۱۱	۶۴	۹	۲۷	۷۳	۱۸	۹	۷۳	۲۷	۰	۴۵	۲۷	۲۷
مجموع	۷۸	۷۳	۱۸	۹	۷۱	۲۸	۱	۸۱	۱۹	۰	۵۵	۳۸	۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

همانطور که نتایج بررسی آماری نشان می‌دهد، شاخص ساعت‌کارکرد روانکار موتور صرفا توانسته است، ارزیابی روغن را به دو گروه معنی داری تقسیم کند. با این وجود در بررسی درصد فراوانی وضعیت‌های سه‌گانه ارزیابی روانکار موتور، مشاهده شد که ۷۳ درصد از نتایج آنالیز روغن در ۲۰۰ ساعت کارکرد از نظر ارزیابی روغن در شرایط نرمال می‌باشند در حالی که ۶۸ درصد از نتایج آنالیز روغن در ۱۰۰ ساعت کارکرد از نظر ارزیابی روغن در شرایط نرمال

می‌باشند. انتظار آن بود که درصد فراوانی نتایج آنالیز روغن در وضعیت نرمال در ۲۰۰ ساعت کارکرد کاهش یافته باشند. آنالیز روغن به سه شیوه‌ی آنالیز در آزمایشگاه، آنالیز توسط کیت‌های قابل حمل و آنالیز به شیوه برخط مقدور می‌باشد [12]**. آنالیز طیفی روانکارها در آزمایشگاه به عنوان شیوه‌ی مرسوم در ایران می‌باشد. به نظر می‌رسد، با آنکه آنالیز روغن در آزمایشگاه به جهت بهره‌مندی از تجهیزات پیشرفته از دقت بالایی برخوردار می‌باشد اما در پایش پیوسته‌ی وضعیت تجهیزات و ماشین‌آلات بهتراست از شیوه‌های آنالیز روغن با کیت‌های قابل حمل و یا آنالیز به شیوه‌ی برخط مبتنی بر استفاده از حسگر یا حسگرها بهره‌مند شد. چرا که آنالیزطیفی روانکارها در آزمایشگاه علاوه بر اینکه زمان‌بر می‌باشد از نظر تعیین زمان نمونه‌گیری با چالش رو به رو می‌باشد.**

قدردانی

به رسم ادب، از جناب آقای دکتر نعمت سیاوش کرامت به جهت فراهم نمودن بانک اطلاعات مربوط به آنالیز روانکار موتور ماشین‌آلات شرکت تیراژ تشکر می‌نمایم.

منابع

۱. **عزیزیان, ح. ر. (۱۳۷۳). نگهداری و تعمیرات قابل پیش بینی به کمک روش مراقبت وضعیت در جعبه دنده ها .اولین کنفرانس کنگره ملی نگهداری و تعمیرات ایران.**

2. Abdul-Munaim, A. M. (2018). *Evaluation of Terahertz Technology to Determine Characteristics and Contaminants in Engine Oil*: Southern Illinois University at Carbondale.
3. Ales, Z., Pexa, M., & Pavlu, J. (2012). Tribotechnical diagnostics of agricultural machines. *Engineering for Rural Development, 11*, 88-92.
4. Altıntaş, O., Aksoy, M., Ünal, E., Akgöl, O., & Karaaslan, M. (2019). Artificial neural network approach for locomotive maintenance by monitoring dielectric properties of engine lubricant. *Measurement, 145*, 678-686.
5. DeGaspari, J. (1999). Recording oil's vital signs. *Mechanical Engineering, 121*(05), 54-56.
6. Gupta, S., Khosravy, M., Gupta, N., Darbari, H., & Patel, N. (2019). Hydraulic system onboard monitoring and fault diagnostic in agricultural machine. *Brazilian Archives of Biology and Technology, 62*.
7. Khodabakhshian, R. (2013). Maintenance management of tractors and agricultural machinery: Preventive maintenance systems. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15*(4), 147-159.
8. Koopmans, L. H. (1995). *The spectral analysis of time series*: Elsevier.
9. Kumbár, V., & Dostál, P. (2013). Oils degradation in agricultural machinery. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 61*(5), 1297-1303.
10. Macian, V., Tormos, B., Olmeda, P., & Montoro, L. (2003). Analytical approach to wear rate determination for internal combustion engine condition monitoring based on oil analysis. *Tribology International, 36*(10), 771-776.
11. Newell, G. E. (1999). Oil analysis cost-effective machine condition monitoring technique. *Industrial Lubrication and Tribology*.

12. Poley, J. (2012). The metamorphosis of oil analysis. Paper presented at the Machinery Failure Prevention Technology (MFPT) Conference, Condition Based Maintenance Section 1, Conference Proceedings, Dayton, Ohio.

insufficiency of Operating hours index of lubricant in determining the spectral analysis time of lubricant; Statistical study

Mohammad-Reza Pourramezan[1*], Abbas Rohani[1], Nemat Keramat Siavash[2], Mohammad Zarein[2]

1. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Changing the engine lubricanted on time will improve engine performance and extend engine life, however, determining the right time to change the oil can be challenging. Consumers are faced with two options in this regard. The first option is to change the oil regularly at the recommended intervals, and the second option is to change the oil before reaching the recommended intervals. Both options are not economically viable in the medium and long term because the amount of engine lubricant damage depends on the operating conditions of the device. With the advancement of maintenance knowledge, condition monitoring through oil analysis has become the focus of experts. In this context, the operating hour is also used as an indicator in determining the sampling time, while for the reasons mentioned, considering regular intervals is not very justified. In this research, the results of spectral analysis of diesel engine lubricant of heavy machinery with regard to operating hours have been statistically investigated. For this purpose, comparing the average operating hours of engine oil, for 506 results of engine oil analysis and examining the frequency percentage of the situation, for 78 results of engine oil analysis was performed in four groups of 50, 100, 150 and 200 operating hours.

Key words: Spectral analysis, Lubricant, Engine, Operating hours, Statistical analysis

*Mohammad-Reza Pourramezan
E-mail: mr.pourramezan@mail.um.ac.ir