بررسی عملکردی هواکش های خشک در تراکتورهای مدل MF 399 در عملیات تهیه زمین نیشکر با استفاده از فن‌آوری مراقبت وضعیت (۵۳۰)

مصطفی محمد پور[۱]

چکیده

ایجاد گرد و غبار در عملیات تهیه زمین نیشکر، استفاده از فیلتر هوای مناسب در تراکتورهای کشاورزی را جهت جلـ یری از نفوذ ناخواسته سیلیس به داخل موتور الزامی می کند. در این تحقیق از طریق آنالیز روغن موتور تراکتورهای کشاورزی مـدل MF 399، درعملیات دیسک زنی تهیه زمین نیشکر در منطقه میان‌آب خوزستان، تحت سیستم مراقبت وضعیت ابتدا میزان سیلیس راه یافته به موتور این نوع تراکتور و عناصر فرسایشی Fe، Al، Cr، Cu انـدازه‌گیـری شـد. سـپس تـأثیر نـوع هـواکش (روغنـی وخشک) و ارتفاع ورودی هوا (بلند و کوتاه) به کار رفته در نفوذ سیلیس و میزان عناصر فرسایشی در موتور با اس اده از طرح آماری فاکتوریل ۲×۲ در قالب بلوک‌های کامل تصادفی که درآن فاکتور اول، نوع فیل ر و فاکتور دوم، ارتفاع ورودی هوای پیش صـافی در سه تکرار (هر۱۰۰ ساعت کار موتور) و نرم‌افزار کامپیوتری SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین نوع هواکش از نظر نفوذ سیلیس، فرسایش رینگ موتور و پیستون، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و از نظر فرسـایش سیلندر اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ وجود دارد، لیکن اختلاف معنی داری درخصوص ارتفاع ورودی هـوا و اثـر متقابـل ایـن دو فاکتور مشاهده نگردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که هواکش خشک با ارتفاع بلند از نظر میزان نفوذ سیلیس(Si) ۸/۴ ppm، وهواکش خشک با ارتفاع کوتاه از نظر میزان فرسـایش سـیلندر موتـور (Fe) ۲۱/۴ ppm، رینگ موتور(Cr) ۱/۶ ppm، پیستون (Al) ۵/۷ ppm ازسایر تیمارها برتر بود. امـا درخـصوص عنـصر فرسایـشی (Cu) کـه نماینده ذرات یاتاقان است اختلاف معنی داری بین تیمارهای مورد بررسی وجود نداشت. بررسـی اقتـصادی یـک سـاله اسـتفاده از هواکش خشک در این مدل تراکتور نشان داد، علاوه بر هر ریال هزینه کمتر در این نوع، نـسبت بـه تراکتـور بـا هـواکش روغنـی استاندارد، ۵/۵۳ ریال سود بیشترحاصل شده است. بنابراین از نظر اقتصادی کاربرد هواکش خشک درتراکتور MF399 نـسبت بـه استفاده از هواکش روغنی دراین نوع تراکتور سودمندتر می اشد.

کلیدواژه: مراقبت وضعیت، عناصر فرسایشی، سیلیس، هواکش، موتور

۱- کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، شرکت کشت و صنعت نیشکر میان آب، پست الکترونیک: mohammadpour_2008@yahoo.com

مقدمه

امروزه با استفاده از روش مراقبت وضعیت[1](CM) و آنالیز ذرات فرسایشی[2] در روانکارها نظیر روغن می‌توان میزان نفوذ و راه های پیشگیری از آن را شناسایی و تمهیدات لازم را اجرا نمود[۱۳].

نگهـ ری و تعمیرات در واقع به اقداماتی اطلاق می‌شود که به منظور اجتناب، تشخیص و پیشگیری عیب و یا عکس العمل نسبت به خرابی ماشین صورت می‌گیرد تا تجهیزات را در وضعیت کاری قابل قبول و بهینه نگهدارد. بعبارت دیگر(نت) به مجموعه‌ای از اقدامات گفته می‌شود که در جهت حفظ یک ماشین و با بازگرداندن آن به وضعیت قابل قبول انجام گیرد.

استراتژیهای نگهداری و تعمیرات:

۱- (نت) بر اساس تعمیرات پس از خرابی[3](BM)

۲- (نت) بر اساس تعمیرات زمانبندی شده[4](PM)

۳- (نت) بر اساس وضعیت ماشین

مراقبت وضعیت عبارت است از اندازه‌گیری منظم فاکتورهای مناسبی از درون ماشین و مقایسه مقادیر بدست آمده بمنـ ور بررسی تغییرات در وضعیت رفتاری و سلامت آن ماشین.

برخی از محاسن برنامه مراقبت وضعیت ماشینها[5](MCM): کاهش سطح تعمیرات عمومی- کاهش قابل توجه خرابیهای زنجیره‌ای- کاهش تعداد خرابیهای سنگین و پرهزینه- کاهش مصرف قطعات مصرفی و قطعات انباری- امکان کنترل کیفی مواد مصرف نظیر روغنها و فیلترها- افزایش امکان برنامه‌ریزی(نت)- ارتقاء سطح دانش فنی و تخصصی نیروی انسانی درگیر کار(نت)- بهبود ایمنی کار دستگاه و برنامه تولید- امکان بهبود کنترل عملکرد کمی و کیفی اپراتور، سرویسکار- امکان کنترل کـ فیت تعمیرات- کنترل فرسایش غیرعـ دی و کاهش خرابیهای زودرس- کاهش هزینه سرویس از طریق افزایش فاصله زمانی سرویسها- افزایش کارائی ماشین- کاهش هزینه تولید- آماده بکار بودن بیشتر ماشین بویژه در مواقع حساس[۱۲].

اگر خسارات وارده در اثر پایین بودن راندمان(کاهش تولید) و همچنین بالا بودن هزینه های تعمیرات را بصورت سالیانه محاسبه نمائیم، براحتی می توان اذعان نمود که به دلیل عدم مدیریت نگهداری صحیح، سالیانه میلیاردها تومان از بودجه صنعتی کشور بجای سرمایه گذاری در توسعه صنعت برای هزینه های تعمیرات و خرید قطعات یدکی مصرف می ردد[۵].

نسبت هزینه سالیانه نگهداری و تعمیرات ماشینها به کل هزینه های سالیانه دیگر در برخی از صنایع به شرح زیر می باشد[۴]:

- صنایع ذغال سنگ: ۲۶ درصد
- صنایع فولاد: ۴۲ درصد
- صنایع دریایی: ۵ رصد
- صنایع برق، آب، گاز: ۸۰ رصد
- بخش کشاورزی: ۴۸ درصد

روشهای متعددی برای مراقبت وضعیت(CM) ابداع و متداول شده است از آنجمله:

۱- آنالیز روغن

۲- آنالیز ارتعاشات

آنالیز روغن: در واقع در روش آنالیز روغن، از روانکار بعنوان یک منبع سرشار اطلاعات استفاده می‌شود. گردش روغن در داخل سیستم این امکان را بوجـ د می‌آورد تا آثار اتفاقات و یا تغییرات وضعیت سیستم به خارج از آن منتقل گردد. اطلاعات موجود در روغن با انجام آزمایشات مختلف که بر روی چند قطره از آن صورت می‌پذیرد قابل استخراج می‌باشد.با مقایسه نتایج آزمایشات

1- Condition Monitoring
2- Wear Debris Analysis
3-Breakdown Maintenance
4-Regular Preventive Maintenance
5- Machinery Condition Monitoring

هر مرحله با مراحل قبل می‌توان هرگونه تغییرات دروضعیت کار و سلامت دستگاه را شناسایی نمود[۱۰].

تکنیکهای آنالیز روغن می تواند بعنوان روشهای مفیدی برای نظارت و کنترل ماشینهای کشاورزی، عمرانی، حمل ونقل و صنعتی مورد استفاده واقع شوند. در واقع بدلیل اینکه روغن در تماس دائم با سطوح قطعات مختلف سیستم قرار دارد، بنابراین با نمونه گیری می توان اطلاعات درون سیستم را به خارج از آن منتقل کـ ه و در اختیار سازمان کنترل و نظارت ماشینها وتجهیزات قرار داد. در حقیقت با استمرار این نظارت می توان قبل از پیشرفت و گسترش بی و رسیدن به مرحله بحرانی، اقدامات پیشگیرانه ای را معمول داشت[۱۱].

آنالیز ذرات فرسایشی: اجزای موتور در حین کار مقادیر میکروسکوپی از عناصر به روغن اضافه می کنند.در شرایط طبیعی موتور فرسایش به آرامی صورت گرفته و مقدار عناصر فرسایشی در روغن بطور پیوسته و آرام زیاد می شود[۷].

فیلترهای هوا طوری طراحی و ساخته شده‌اند که تا ۹۹٪ از ذرات معلق در هوا را گرفته و مابقی داخل محفظه احتراق شده، وارد روغن موجود بر روی دیوارهٔ سیلندر می‌گردد. حال بسته به اندازهٔ ذرات و اندازه لقی بین رینگ پیستون و جدارهٔ سیلندر برخی از ذرات که اندازه آنها کمتر و یا برابر آن فاصله باشد از آنجا عبور کرده وارد محفظهٔ روغن می ند و ذرات درشت‌تر امکان عبور نخواهند داشت.از طرفی ذراتی که اندازه آنها کمتر فاصله لقی باشد بدون درگیری با سطوح فلزی عبور کرده در حالیکه ذراتی که هم اندازه فاصله لقی باشند در حین عبور باعث ایجاد خراش و فرسایش خواهند شد. بنابراین خطرناک‌ترین ذرات آنهایی هستند که هم اندازه فاصلهٔ بین سطوح باشند[۸].محققی دیگر نفوذ کوارتز به اندازه ده میکرون در موتور علت بالاترین شدت فرسایش بر روی رینگ‌های پیستون دانست[۹]. در تحقیقی دیگر ترکی و ذوقی طی یک بررسی آماری نتیجه گرفتند در قسمت‌های مختلف ماشین در بیش از ۹۰٪ موارد فرسایش بحرانی عناصر کروم و آلومینیم در حضور آلودگی بیش از حد سیلیس اتفاق می‌افتد[۳].

مشخصاً آلودگی و رقت روغن های کارتر مانع روغن کاری خوب می شود، که علاوه بر سوختهای آتش نگرفته از دیواره سیلندر پایین رفته وارد محفظه کارتر می گردد. این خود باعث تجمع ذرات در آن وایجاد فرسایش خواهد شد[۲].

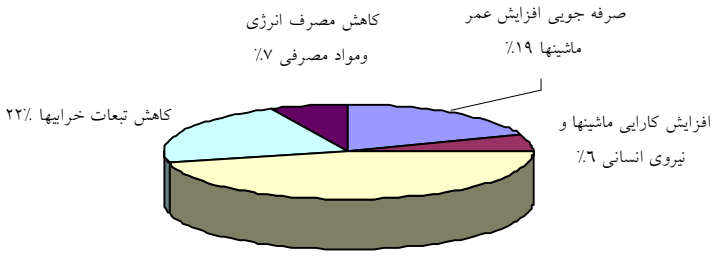
از اجرای CM(روش آنالیز روغن) در راه آهن جمهوری اسلامی ایران نیز نتایج زیر حاصل گردیده است[۱]:

۱-کاهش میزان مصرف روغن تا ۵۰ رصد

۲- کاهش توقفات اضطراری تا ۶۰ رصد

۳-صرفه جویی سالیانه در هزینه ها به میزان ۷۵ میلیارد تومان(هزینه آنالیز روغن ۷۰ میلیون تومان در سال بوده است).

درشکل(۱) نتایج کار تحقیقی یکی از مؤسسات تحقیقات صنعتی اروپا در مورد منافع اقتصادی حاصل از ایجاد برنامه های " مراقبت وضعیت" CM ارائه شده است[۶].



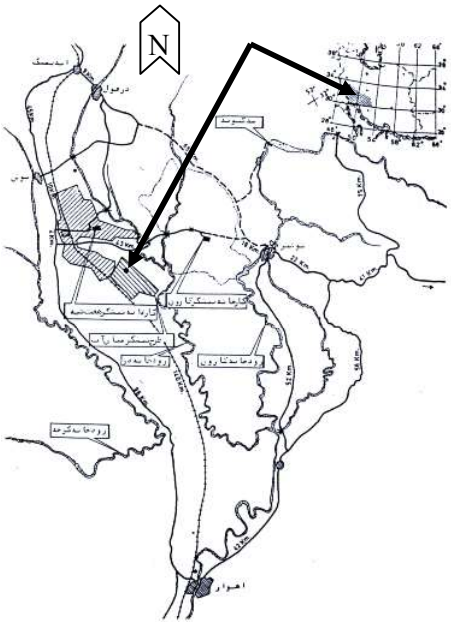
شکل (۱)- نمودار منافع اقتصادی حاصل بکارگیری روشهای مراقبت وضعیت CM

٤٦٪

بنابراین هدف از این تحقیق را می توان در موارد زیر خلاصه نمود: ۱- اجرا و ارزیابی سیستم مراقبت وضعیت در کربرد ماشین های کشاورزی.۲- تحت نظرگرفتن وضعیت داخلی دستگاه جهت کنترل فرسایش غیر عادی قطعات موتوراز طریق آنالیز روغن موتور.۳- کاهش هزینه های خرابیهای زودرس و تعمیرات عمومی و هزینه تولید.۴- استفاده از فیلترهای مناسب هوا در تراکتورهای کشاورزی که در شرایط پر رد و غبار مورد استفاده قرار می گیرند.

مواد وروشها

آزمایش در مزارع دشت میان آب با مشخصات بین عرض‌های جغرافیایی ˝۳۱۵۰ و ˝۳۱۵۸ شمالی و طولهای ˝۴۸۲۷ و ˝۴۸۴۰ شرقی، در شمال غربی استان خوزستان و در بخش جنوبی حوزهٔ آبریز رودخانهٔ دز واقع شده است. ارتفاع اراضی از سطح دریا به طور متوسط ۴۰ متر و تغییرات آن حدود ۱۰ متر می‌باشد. شیب عمومی منطقه از شمال به جنوب و به سمت رودخانهٔ دز در شرق محدودهٔ طرح است.مشخصات لوازم مورد استفاده در این طرح طبق جدول (۱)می باشد.



جدول۱- مشخصات فنی لوازم مورد استفاده در تحقیق

ردیف	نام دستگاه	تعداد	مشخصات
۱	تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹	٤	قدرت موتور:hp ۱۱۰ درrpm ۲۲۰۰ - تیپ ٦۳٥٤٤ حداکثر گشتاور:Nm ۳۷٦ در rpm ۱۳۰۰ تعداد سیلندر: ٦ سیلندر کورس پیستون: ۱۲۷ میلی‌متر قطر سیلندر: ۹۸/٦ میلی‌متر حجم موتور : ٥/۸ لیتر
۲	دیسک مدل KH100 ساخت شرکت آهنگری خراسان	٤	مدل شاسی: تک زانویی افست تعداد محور: ۲ تعداد پره: ۲۸ حداکثرعمق کار: ۲۰ cm توان مورد نیازدرحداکثرعمق: ۹۰ hp
۳	کیف نمونه گیری روغن شامل: پمپ دستی، ظرف نمونه گیری و شیلنگهای رابط		
٤	دستگاه کامپیوتر مدل پنتیوم ٤ و نرم افزار تدبیر۲ جهت آنالیز داده ها		
٥	دستگاه اسپکتروسکوپ جهت بدست آوردن عناصر فرسایشی و آلاینده		

پس از اجرای عملیات خاکورزی اولیه، شروع عملیات دیسک زنی و سپس نمونه گیری روغن موتور تراکتورها از اول خرداد ماه تا پایان مرداد ادامه داشت. دراین مدت هرتراکتور به میزان ۳۰۰ ساعت کارعملیاتی موتور بکار گرفته شد، نمونه گیری ها پس

از یکصد ساعت کار یکسان تراکتورها از نظر نوع عملیات، خاک مزرعه(لومی رسی) و با رطوبت متوسط(عمق ۲۰-۰) خاک W= 12% و دمای یکنواخت محیط بطور متوسط۳۳ درجه سانتی گراد انجام شد.

محاسبه ظرفیت فیلتر هوا

ظرفیت فیلتر هوا براساس هوای مصرفی مورد نیاز موتور که بصورت تئوری در فرمول ذیل(شم ره ۱) داده شده است، تعیین می گردد[۹]:

A = هوای مورد نیاز (ft^3/min)

D = قطر سیلندر (inches)

nches)

فرمول شماره ۱

$$A = \frac{2\pi D^2.L.N.n}{4\times 172}$$

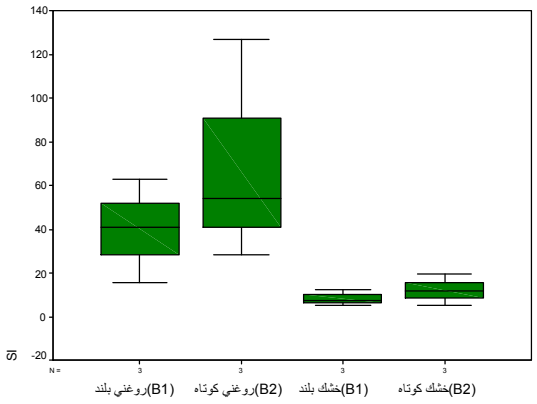
با بدست آمدن عدد ft^3/min ۱۵۰، ظرفیت صافی هوا جهت تراکتور مسی فرگوسن مدل MF399 مشخص گردید. لذا بمنظور تهیه صافی با این حجم عبور، ظرفیت هواکشهای ماشینهای موجود در بازار که مشخصات فنی موتورآنها مشابه این نوع تراکتور است بر اساس فرمول محاسبه شد که در این میان ظرفیت صافی لودر ولو L90 برابر با ft^3/min ۱۷۲ بدست آمد. از طرفی ابعاد محفظه هواکش دستگاه مذکور جهت جاسازی در زیر کاپوت تراکتور مناسب تشخیص ده شد. بنابراین با در نظر گرفتن اندازه محفظه هواکش و بالا بودن ظرفیت به اندازه ۱۳٪، ازصافی استاندارد لودر ولو L90 استفاده گردید که در نهایت، پوسته آن از طریق مهندسی معکوس ساخته شد.

برای انجام این طرح، چهار دستگاه تراکتور مدلMF 399 بعنوان تیمار، که در آن تیمارهای (T2 , T1) با بهره‌گیری از هواکش روغنی و تیمارهای(T3 ,T4) با بهره‌گیری از هواکش خشک (محاسبه شده برای این مدل) در نظر گرفته شد. تیمارهای T1وT3 دارای ورودی هوای استاندارد به ارتفاع ۱۸۰ cm (ارتفاع دهانه پیش صافی از سطح زمین) و تیمارهای T4وT2 دارای ورودی هوا باندازه ۳۰ cm بلندتر از مدل استاندارد و به ارتفاع ۲۱۰ cm از سطح زمین بودند. سپس با استفاده از طرح آماری دو عاملی فاکتوریل ۲×۲ در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، که درآن فاکتور اول، نوع فیلتر (خشک یا روغنی) و فاکتور دوم، ارتفاع ورودی هوای پیش صافی (بلند وکوتاه) در سه تکرار (هر۱۰۰ ساعت کار موتور) و نرم‌افزار کامپیوتری SPSS میزان Si راه یافته به موتور و عناصر فرسایشی Fe، Al، Cr و Cu مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت .

نتایج

بررسی نتایج حاصل نشان می دهد هواکش خشک با ورودی بلند، درشرایط یکسان با سایر تیمارها باعث گردیده میزان نفوذ سیلیس به داخل موتور تراکتور به کمترین میزان یعنی ppm ۸/۴ برسد، به عبارتی این میزان ۲۱٪ میزان نفوذ سیلیس به موتور از طریق هواکش روغنی با ورودی بلند است(شکل۲).

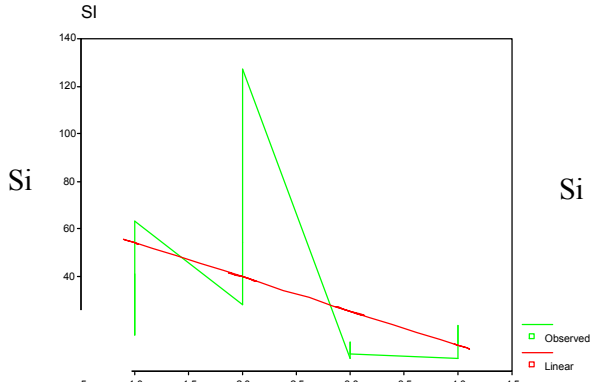
مقایسه نمودارشماره(۳) با نمودار شماره(۴)، نشان می دهد روند خط رگرسیونی نوع هواکش حالت یکنواختی نسبت به ورودی داشته در نتیجه اثر نوع هواکش تاثیر بسزایی در جلوگیری از نفوذ آلاینده سیلیس دارد. بدین معنی که با افزایش ارتفاع ورودی به اندازه ۳۰cm نمی توان به حالت پایداری از نفوذ سیلیس دست یافت اما تغییر در نوع هواکش صرف نظر از ارتفاع ورودی می تواند بطور قابل ملاحظه ای روند نفوذ را به شیب خط رگرسیون داده ها نزدیک نماید. این نکته می تواند ناشی از ساختار نوع هواکش با شرایط محیطی باشد که با یافته مود[1] مطابقت دارد[۱۴].



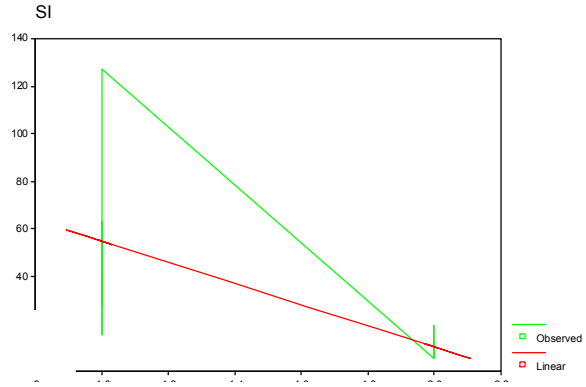
1- Mudd

Si

شکل(۲)- نمودار بررسی پراکندگی داده‌ها در صفت Si از **ورودی**



شکل(۴)- مقایسه بین روند خط رگرسیونی با ورودی از نظر صفت Si

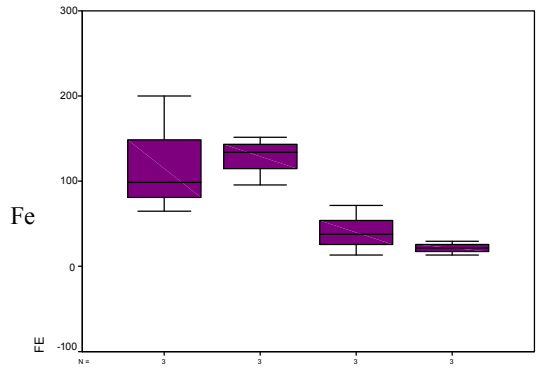


شکل(۳)-مقایسه بین روند خط رگرسیونی با هواکش از نظر صفت Si

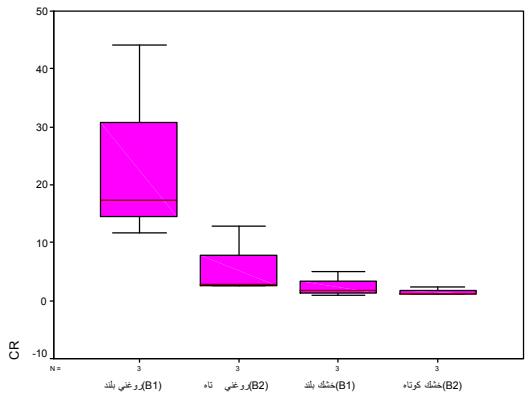
در هواکش خشک با ورودی کوتاه، میزان عناصر فرسایشی نظیر Fe(آهن)، کمترین مقدار یعنی ۲۱/۴ ppm یعنی ۱۶/۸٪ فرسایش آهن در هواکش روغنی استاندارد است. این مطلب درخصوص هواکش روغنی بلند با ۱۰۲ ppm اختلاف بین داده ها ۶ برابر بیشتر از اختلاف داده ها در هواکش خشک کوتاه است. همچنین از این نمودار می‌توان پی برد به علت توزیع یکنواخت داده ها خط داخل ستون(میانه داده‌ها) ورودی خشک بلند(B1) و ورودی خشک کوتاه(B2) در وسط جعبه ق ار دارد(شکل۵).

میزان فرسایش کروم در هواکش خشک کوتاه ۶/۵٪ فرسایش این عنصر در هواکش روغنی بلند است(شکل۶). همچنین میزان فرسایش Al(آلومنیوم) و Cu(مس) که به ترتیب نماینده فرسایش در پیستونها و یاتاقانهای موتور است، درهواکش خشک کوتاه ۲۴/۷٪ و ۱۸٪ بترتیب، فرسایش آلومنیوم در هواکش روغنی استاندارد و فرسایش مس درهواکش روغنی بلند است(شکل۷و۸). بنابراین طبق یافته دیکنسون که نفوذ کوارتز(سیلیس) به موتور می تواند بالاترین شدت فرسایش را روی رینگ‌های پیستون داشته باشد، دراین تحقیق نیز این رابطه وجود دارد[۹]. بعبارتی افزایش کروم در موتور از شدت بیشتری نسبت به سایر عناصر در نفوذ یکسان سیلیس برخورداراست.

بالا بودن فرسایش آلومنیوم در بالاترین میزان نفوذ سیلیس یعنی ۶۹/۶ ppm درتراکتوری که از هواکش روغنی استاندارد استفاده نموده با نظریه ترکی و ذوقی(۱۳۷۱) که طی یک بررسی آماری به این نتیجه رسیدند که در قسمت‌های مختلف ماشین، بیش از ۹۰٪ موارد فرسایش بحرانی عناصر کروم و آلومینیم در حضور آلودگی بیش از حد سیلیس اتفاق می‌افتد، مطابقت دارد[۳].



۱۰۵۰



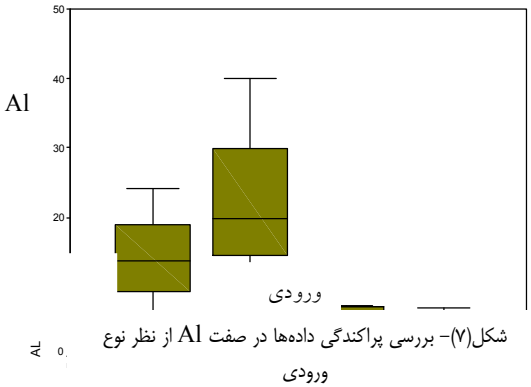
Cr

ورودی

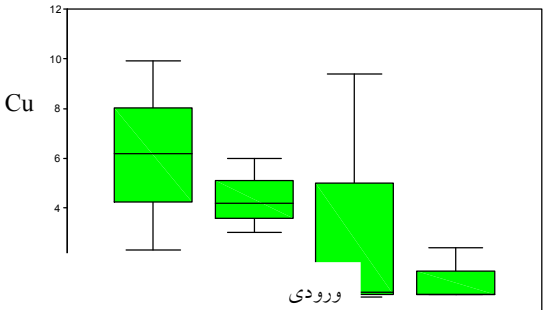
شکل(۶)- بررسی پراکندگی ادهها در صفت Cr از نظر نوع ورودی

ورودی

شکل(۵)- بررسی پراکندگی دادهها در صفت Fe از نظر نوع ورودی



شکل(۷)- بررسی پراکندگی دادهها در صفت Al از نظر نوع ورودی



شکل(۸)- بررسی پراکندگی دادهها در صفت Cu از نظر نوع ورودی

همانگونه که درجدول(۲) آنالیز واریانس صفات مورد بررسی مشاهده می شود، از نظر نوع هواکش بین دو نوع روغنی و خشک بجز فرسایش یاتاقانها اختلاف معنی دار است. اما از نظر ودیها (بلند و کوتاه) اثر معناداری در هیچ یک از صفات وجود ندارد. همچنین اثر متقابل نوع هواکش و ورودی نیز معنادار نمی شد.

در مقایسه بین میانگین ها جدول(۳): درجلوگیری از نفوذ سیلیس به موتور، هواکش خشک کوتاه ۵ برابر ضعیف ترین هواکش این کلاس یعنی روغنی بلند قدرت بازدارندگی نفوذ سیلیس را داراست.

همچنین با افزایش ppm ۳۱/۴ نفوذ سیلیس که از اختلاف خشک B1 و روغنی B1 بدست آمده میزان فرسایش آهن ازمیزان ۴۰/۶ به ۱۲۱ یعنی به میزان ۳ برابر افزایش می یابد.

هماهنگی رتبه بندی(Cr) با مقایسه میانگین ها در آزمون فرسایش آهن نشان می دهد، هر دو عنصر با توجه به تماسهای مکانیکی باهم و قرار گرفتن در بخش فوقانی موتور به یک نحو تحت تأثیر نفوذ سیلیس قرار می گیرند اما با توجه به سختی بالاتر کروم، میزان فرسایش به مراتب کمتر از آهن خواهد بود[۷].

روند فرسایش آلومنیوم با سیلندر موتورهماهنگ می باشد، که نشان می دهد فرسایش این دو عنصر بطور توأم و همزمان صورت می گیرد.

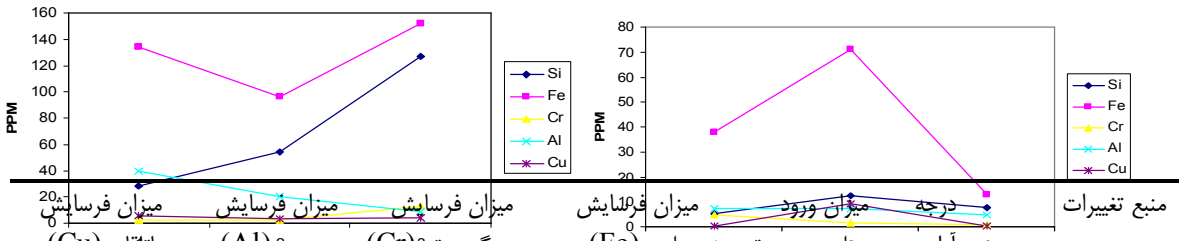
تغییر ناگهانی درفرسایش مس در هردو نوع هواکش نمی تواند صرفا متأثر از تغییرات سیلیس باشد، بلکه بروز فشارهای مربوط به اجرای عملیات ماشین نیز در تغییرات روند فرسایش مؤثر است(شکل۹ و۱۰).

جدول(۲)- آنالیز واریانس مرکب برای صفات مورد بررسی

**، * و n.s بترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ ، ۵٪و عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول(۳)- بررسی صفات مورد بررسی از نظر آزمون دانکن برای رتبه‌بندی هواکش ها

ردیف	تیمار	Si	Fe	Cr	Al	Cu
۱	خشک کوتاه(B2)	۱۲/۲۰a	۲۱/۳۷a	۱/۶۰a	۵/۷۳a	۱/۱۳a
۲	خشک بلند(B1)	۸/۳۷a	۴۰/۶۰a	۲/۵۳a	۶/۳۳a	۳/۴۷a
۳	روغنی بلند(B1)	۳۹/۷۷ab	۱۲۱/۰۰b	۲۴/۴۳b	۱۴/۲۷a	۶/۱۳a
۴	روغنی کوتاه(B2)	۶۹/۶۷b	۱۲۷/۳۳b	۶/۱۰a	۲۳/۰۰a	۴/۴۰a



منبع تغییرات	درجه آزادی	میزان ورود سیلیس به موتور (Si)	میزان فرسایش سیلندر (Fe)	میزان فرسایش رینگ موتور (Cr)	میزان فرسایش پیستون (Al)	میزان فرسایش یاتاقان (Cu)
هواکش	۱	۰/۰۲۷*	۰/۰۰۴**	۰/۰۳۹*	۰/۰۴۵*	۰/۱۶۱ ns
ورودی	۱	۰/۳۳۶ ns	۰/۷۹۲ ns	۰/۱۰۹ ns	۰/۴۶۷ ns	۰/۳۲۱ ns
هواکش× ورودی	۱	۰/۴۵۲ ns	۰/۶۰۳ ns	۰/۱۴۲ ns	۰/۴۰۶ ns	۰/۸۸۰ ns
خطا	۸					
مجموع	۱۱					

شکل(۹)- نمودار روند عناصر در هواکش خشک با ورودی بلند

شکل(۱۰)- نمودار روند عناصر در هواکش روغنی با ورودی کوتاه(استاندارد)

مقایسه اقتصادی بین تیمارهای تحت مراقبت وضعیت

دراین تحقیق تعیین هزینه ها دریک دوره یکساله(۸۵/۳/۱ لغ یت ۸۶/۳/۱) که درآن تراکتورها در عملیات زراعی یکسان(دیسک زنی) بکار رفته اند صورت پذیرفت. بهمین منظور، دو دستگاه تراکتور T1 وT3 دریک دوره یکساله مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفتند، با این دیدگاه که تراکتورT1، تراکتور متداول منطقه درنظر گرفته شده است. روش مورد استفاده دراین تحقیق نسبت منفعت(سود) به هزینه می باشد که محاسبات آن به شرح ذیل است:

الف- درآمد هر تیمار(تراکتور) (I_i) :

درآمد هر تراکتور از حاصل ضرب مقدار عملکرد دیسک زنی آن(دریکسال) در قیمت هر هکتاردیسک زنی توسط این نوع تراکتور بدست می آید، که دراین تحقیق ارزش ریالی هر هکتار عملیات دیسک زنی با تراکتور MF399 ۱۲۰۰۰۰ ریال در نظر

گرفته شد. ظرفیت مزرعه ای واقعی هر دو تراکتور به علت استفاده از دیسک مشابه، سرعت پیشروی وافت های عملیاتی، یکسان درنظر گرفته شد از این رو، ظرفیت مزرعه ای واقعی هرتراکتور ۱/۴ hac/h بدست آمد. دراین دوره هردستگاه تراکتور به شرح ذیل درآمد حاصل نمودند:

I_{t1} = مقدار درآمد T1 = ۴۵۰ hac ×۱۲۰۰۰۰ = ۵۴۰۰۰۰۰۰ ریال

I_{t3} = مقدار درآمد T3 = ۵۷۰ hac ×۱۲۰۰۰۰ = ۶۸۴۰۰۰۰۰ ریال

ب- هزینه متغیر هر تیمار(تراکتور) (C_i) :

هزینه متغیر هر تراکتور دریک دوره معمولاً از چندین جزء تشکیل گردیده است. بنابراین هزینه هر تراکتور در دوره از حاصل جمع هزینه های عملیات مختلف درجدول(۴) بدست می‌آید.

ج- سود هر تراکتور (B_i) :

سود هرتراکتور از تفاضل درآ د و هزینه آن تراکتور قابل محاسبه می باشد:

$B_{t1}= I_{t1}- C_{t1}=$ ۵۴۰۰۰۰۰۰-۱۹۸۰۲۰۰۰ = ۳۴۱۹۸۰۰۰ ریال

$B_{t3}= I_{t3}- C_{t3}=$ ۶۸۴۰۰۰۰۰-۱۶۶۳۰۰۰۰ = ۵۱۷۷۰۰۰۰ ریال

د- تفاضل هزینه هر تراکتور با تراکتورمرسوم یا شاهد$(C_i - C_{t1})$:

برای محاسبه این نسبت ابتدا تفاضل هزینه تراکتور(C_{t1}) با هزینه تراکتور مرسوم یا متداول منطقه(C_{t3}) محاسبه گردید.

ه - نسبت سود به هزینه$(R_{i/t1})$:

بمنظور محاسبه نسبت سود به هزینه هر تراکتور ابتدا باید قدر مطلق تفاضل هزینه هر تیمار نسبت به تیمار مرسوم یا شاهد$(C_i - C_{t1})$ و همینطور تفاضل سود هر تیمار نسبت به تیمار مرسوم یا شاهد$(B_i - B_{t1})$ محاسبه گردد. سپس از تقسیم نمودن تفاضل سودها به قدر مطلق تفاضل هزینه ها نسبت سود به هزینه هر تیمار قابل محاسبه است :

$$R_{i/t1}= B_i - B_{t1} / C_i - C_{t1}$$

$$R_{t3/t1} = \frac{۵۱۷۷۰۰۰۰-۳۴۱۹۸۰۰۰}{۱۶۶۳۰۰۰۰-۱۹۸۰۲۰۰۰} = ۵/۵۳ \text{ (قدر مطلق)}$$

جدول(۴)- هزینه های دو دستگاه تراکتور T1 و T3 به تفکیک اجزاء درطول یکسال

نوع عملیات	تراکتور T1	تراکتور T3
سوخت رسانی	سوخت مصرفی = ۸۱۰۰ لیتر ریال ۲۰۲۵۰۰۰=۲۵۰×۸۱۰۰	سوخت مصرفی = ۱۰۲۶۰ لیتر ریال ۲۵۶۵۰۰۰=۲۵۰×۱۰۲۶۰
هزینه سرویس	۱۳۹۲۰۰۰	۷۲۰۰۰۰
هزینه راننده	۷۴۲۵۰۰۰	۹۴۰۵۰۰۰
هزینه لوازم یدکی	۶۸۰۰۰۰۰	۲۳۲۰۰۰۰
هزینه دستمزد تعمیرات	۱۵۰۰۰۰۰	۸۵۰۰۰۰
هزینه لاستیک و باطری	۰	۰
هزینه آنالیزروغن موتور	۶۶۰۰۰۰	۷۷۰۰۰۰
مجموع هزینه ها	۱۹۸۰۲۰۰۰	۱۶۶۳۰۰۰۰

توضیح:- کلیه هزینه ها به ریال است

- تراکتور T1 به علت نیاز به تعمیرات بیشتر درفصل عملیات دیسک زنی ۱۴۴ ساعت کمتر از T3 به دیسک زنی پرداخته است.
- مدت زمان ایست تعمیری دستگاه درفصل عملیات ۱۸ روز بیشتر از T3 ود.

همانطور که شرح داده شد ودر جدول ۵ مشاهده می‌گردد سود هرتیمار از تفاضل ارزش عملکرد هر تیمار(درامد هر تیمار) با هزینه آن تیمار محاسبه گردیده است.

عدد نسبت سود به هزینه برای تیمار T3 نشان می‌دهد که به ازاء هر ریال هزینه کمتر در تیمارT3 نسبت به تیمار T1، ۵/۵۳ ریال سود بیشتر نیز حاصل شده است. بنابراین از نظر اقتصادی کاربرد این تراکتورکه از هواکش خشک استفاده نموده است. نسبت به تراکتور با هواکش روغنی استاندارد سودمندتر و اقتصادی‌تر می باشد.

جدول(۵) – جدول مقایسه اقتصادی تراکتورهای T1وT3

تیمارها (T_i)	هزینه تیمارها (C_i) ریال	درآمد تیمارها (I_i) ریال	سود تیمارها (B_i) ریال	نسبت سود به هزینه تیمارها($R_{i/t1}$) ریال
T_1	۱۹۸۰۲۰۰۰	۵۴۰۰۰۰۰۰	۳۴۱۹۸۰۰۰	–
T_3	۱۶۶۳۰۰۰۰	۶۸۴۰۰۰۰۰	۵۱۷۷۰۰۰۰	۵/۵۳

نتیجه گیری

دراین تحقیق هواکش خشک بدون در نظر گرفتن ارتفاع ورودی توانست ۵ برابر بیشتر از هواکش روغنی از ورود آلاینده سیلیس به داخل موتور تراکتور بکاهد. در نتیجه فرسایش قطعات داخلی موتور تراکتورهایی که از سیستم هوارسانی خشک بهره مند بودند، نسبت به تراکتورهای با هواکش روغنی درعنصر آهن ۳ برابر، کروم ۱۸ برابر، آلومنیوم ۱۳ برابر کمتر بود. بطوریکه درهواکش خشک روند عناصر فرسایشی، دچار تغییرات ناگهانی نگردید.

از این رو با بکار گیری از روشهای کنترل مراقبت در سیستم های مکانیکی از طریق آنالیز روغن وکنترل ذرات فرسایشی می توان منافع اقتصادی قابل توجهی را حاصل کرد. با استفاده از این روش می توان هزینه های متغیر برای هردستگاه تراکتوردر یک سال را ۳۱۷۰۰۰۰ ریال کاهش داد، و به ازاء هر ریال هزینه کمتر، ۵/۵۳ ریال سود بیشترحاصل نمود. همچنین به میزان ۱۴۴ ساعت عملیات بیشتری انجام داده واز ایست های تعمیری درحین انجام عملیات به مدت ۱۸ روز کاست.

بنابراین پیشنهاد می گردد، در تراکتورهای کشاورزی از فیلتر خشک بعلت کارایی بهتر و سهولت نگهداری و تعویض، استفاده گردد. همچنین مدیران بخشهای صنع ی و اجرایی و مسئولین ناوگانهای ماشینها با بکارگیری روشهای مراقبت وضعیت از طریق آنالیز نمونه روغن ماشینهای خود، بطور دقیق از وضعیت سلامت این تجهیزات مطلع شده و می‌توانند هرگونه عیوب احتمالی را در مراحل اولیه آن شناسایی و نسبت به رفع آن اقدام نمایند. در ارتباط با خودروهای سبک نیز صاحبان آنها با بهره‌گیری از روش مراقبت وضعیت ضمن اینکه حداقل هزینه را برای تعمیرات و نگهداری خودروی خویش می‌پردازند، با اطمینان و اطلاع کامل از وضعیت خودروی خویش به سفرهای درون شهری و برون شهری خواهند پرداخت. استفاده از سیستمهای هوشمند به منظور بررسی لحظه ای نفوذ آلاینده های محیطی و فرسایشهایی که به تبع آن در ماشین رخ می دهد، می تواند راهکار مناسبی جهت دستیابی همیشگی به اطلاعات درون ماشین باشد. انجام تحقیقات درزمینه ایجاد سیستمهای مراقبت وضعیت ادوات دقیق کشاورزی، سیستمهای خودکار تنظیف صافیهای هوای موتور و نقش فیلتر ها در زمینه کاهش مصرف سوخت موتور تراکتورهای کشاورزی، از جمله کارهایی است که در راستای این تحقیق می تواند به سیستمهای مکانیزه کمک نماید.

منابع:
۱- برزگر، علی اکبر، ۱۳۸۵، درباره آنالیز روغن بیشتر بدانیم، ترجمه، مقاله علمی، تهران.
۲- بهروزی لار، منصور، ۱۳۷۰، مدیریت تراکتور و ماشینهای کشاورزی، ترجمه، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۲۸ صفحه.
۳- ترکی، محمد. ذوقی، ۱۳۷۱، اصول روانکاری، ترجمه، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت ایران، ۲۵۶ صفحه.
۴- ذبیحی، علی، ۱۳۸۵، حفظ سرمایه های صنعتی کشور، مقاله علمی، تهران.
۵- مسعودی، علیرضا، ۱۳۷۷، مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن، روشی موثر در برنامه نگهداری و تعمیرات لکوموتیوها، مجموعه مقالات چهارمین همایش حمل و نقل ریلی، جلد سوم.
۶- مسعودی، علیرضا، ۱۳۸۲، مجموعه مقالات فن آوری مراقبت وضعیت ماشین آلات، انتشارات شرکت فنی مهندسی البرز تدبیرکاران، جلد ۱ تا ۲۳.

7. Anderson, D. p.1982. Wear particle Atlas. prepared for Advanced Technology office support Equipment Engineering Department Naval Air Engineering Center Lakehurt, New Jersey 08733.
8. Boldt, K., and Hall, B. R. 1977.Significance of test for Petroleum Products. ASTM, Philadelphia, PA.
9. Dikenson, C. F. 1987. Filter and Filtration handbook. 2nd Edition. The trade & **Technical press limited.**
10. Ellis, E. G. 1970.Fundamentals of lubrication. Scientific Publications, Broseley, Shropshire, England.
11. Fein, R. S. 1971.Boundary lubrication. Lubrication 57:1-12.
12. Isler, D. A., and J. B. Carlton. 1965. Effect of mechanical factors on atomization of oil base aerial sprays. Trans. ASAE, 8 (4): 590 – 591, 593.
13. Masoudi, A. 1994. Utilization of plant Condition monitoring with reference to the Iranian construction industry. Department Of Mechanical Engineering university of Swansea.
14. Mudd, S. C. 1982. Technology for motor mechanics: 2. 2nd Ed. Edward Arnold, London