

ارایه ی الگوی یادگیری برای تحلیل وضعیت روغن با استفاده از تصویر سازی

نتایج آنالیز روغن (مطالعه موردی: موتورهای دیزلی)

سعید رمضانی^۱

استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

علی عواطفی همت^۲

دانشجوی کارشناسی ارشد لجستیک و زنجیره تأمین، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، گروه صنایع، تهران، ایران

مصطفی یوسفی طزر جان^۳

عضو هیئت علمی دانشگاه جامع علمی کاربردی، تهران، ایران

هادی رحمتی*^۴

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد لجستیک و زنجیره تأمین، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، گروه صنایع، تهران، ایران

چکیده

بخش قابل توجهی از هزینه‌های یک واحد صنعتی مربوط به هزینه‌های نگهداری و تعمیرات است. هر مجموعه صنعتی بدون داشتن برنامه‌ی نگهداری از تجهیزات خسارت‌های جبران نشدنی را متحمل می‌شود. امروزه به‌کارگیری فن‌آوری پایش وضعیت (CM) از طریق تحلیل روغن، به‌عنوان روشی مؤثر در تشخیص فرسایش‌های غیرعادی یا عیوب تجهیزات و سامانه‌های مکانیکی شناخته می‌شود. روش‌ها و فرایندهای متعددی برای پیش‌بینی وضعیت بر اساس آنالیز روغن در سال‌های اخیر ابداع و ارائه شده و توسط پژوهشگران بعدی توسعه داده شده‌اند، در حال حاضر نتایج آنالیز روغن به کمک روش‌های داده‌کاوی، شبکه عصبی و روش منطق فازی تحلیل می‌شود. یکی از مشکلات حوزه‌ی پایش وضعیت به کمک آنالیز روغن هزینه و زمان موردنیاز برای بررسی همه‌ی نمونه‌ها توسط خبره است، درواقع همه‌ی داده‌های حاصل از آنالیز روغن نیاز به بررسی توسط خبره ندارند و تنها ۵ درصد از این داده‌ها نشان‌دهنده‌ی وضعیت بحرانی است که نیاز به برنامه‌ریزی و اقدام سریع دارند، هدف ما در این پژوهش ارائه الگوی یادگیری برای تحلیل وضعیت روغن با استفاده از شبکه عصبی و تصویرسازی نتایج آنالیز روغن می‌باشد که به کمک آن نتیجه آنالیز روغن تجهیز در یک تصویر خلاصه شود تا بتوان با نگاه به آن به سرعت وضعیت روغن و به طبع دستگاه را تشخیص داد.

کلمات کلیدی: آنالیز روغن، تحلیل وضعیت روغن، خطوط مبنا، تصویرسازی

۱-مقدمه

بخش قابل توجهی از هزینه‌های یک واحد صنعتی مربوط به هزینه‌های نگهداری و تعمیرات است. امروزه به‌کارگیری فناوری پایش وضعیت (CM) از طریق تحلیل روغن، به‌عنوان روشی مؤثر در تشخیص فرسایش‌های غیرعادی یا عیوب تجهیزات و سامانه‌های مکانیکی شناخته می‌شود. آنالیز روغن به‌عنوان یک ابزار کارآمد در کنار آنالیز ارتعاشات و ترموگرافی نقش بسزایی در پایش وضعیت تجهیزات حیاتی ایفا می‌کند. در حال حاضر تحلیل روغن بخش عمده‌ای از برنامه نگهداری نیروهای نظامی، نیروگاه‌ها، واحدهای تولیدی، شرکت‌های حمل‌ونقل، تجهیزات ساختمانی، هواپیماها، کشتی‌ها و... می‌باشد (علی زاده و حجت، ۱۳۸۹). روش‌ها و فرایندهای متعددی برای پیش‌بینی وضعیت بر

¹ Ramezani_s@alumni.iust.ac.ir

² aliavatefi@gmail.com

³ yousofi@uast.ac.ir

⁴ hadirahmati73@gmail.com

اساس آنالیز روغن در سال‌های اخیر ابداع و ارائه شده و توسط پژوهشگران بعدی توسعه داده شده‌اند، در حال حاضر نتایج آنالیز روغن به کمک روش‌های داده کاوی، شبکه عصبی و روش منطق فازی تحلیل می‌شود. با توجه به اهمیت آنالیز روغن برای ارزیابی سلامت ماشین‌آلات، ارائه ی روشی معتبر و کارآمد که ساده و قابل درک برای مدیران و افرادی که دانش تخصصی آنالیز روغن ندارند باشد، مفید و ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله تلاش می‌شود به کمک روش تصویرسازی داده‌ها، داده‌های آنالیز روغن را تحلیل و وضعیت آن را تعیین کنیم.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- نگهداری و تعمیرات پیشگویانه

این استراتژی تعمیرات یا مخفف آن pdm درواقع توسعه روش pm می‌باشد با این تفاوت که از تعمیرات غیرضروری بر روی اجزای سالم جلوگیری می‌شود. در این استراتژی که با روش نسبتاً جدیدی به نام مراقبت وضعیت CM و یا تعمیرات مبتنی بر شرایط کار دستگاه یا CBM صورت می‌پذیرد با استفاده از آزمایش‌های غیر مخرب و اندازه‌گیری پارامترهای مختلف به سلامت یا عیب قطعه یا مجموعه موردنظر و به‌طور عام به مشکل دستگاه پی می‌بریم و سپس بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده تصمیم مناسب اتخاذ می‌شود. در ادامه به تعدادی از تکنیک‌هایی که در CM استفاده می‌شوند اشاره می‌کنیم. هرروز بر تعداد این تکنیک‌ها افزوده می‌شود و نتایج حاصل از تحقیقات و کاربرد تکنیک‌های قبلی دقت و قابلیت اطمینان و حوزه کاربرد آن‌ها را افزایش داده است. البته تمامی این روش‌ها برای تمام تجهیزات به کار گرفته نمی‌شوند و در هر مورد خاص باید با توجه به بحرانی بودن دستگاه، هزینه روش مورد استفاده و ... روش یا روش‌های مناسب انتخاب شوند (رواشر و همکاران^۱، ۲۰۱۷). آنالیز روغن، آنالیز ارتعاشات، آنالیز ذرات فرسایشی، فرو گرافی، ترموگرافی، آزمون ماده نافذ، رادیوگرافی

۲-۲- تصویر سازی

تصویر رازهای زیادی نهفته در خود دارد. با تصویر شخص می‌توان و می‌شود حالات روحی او را کشف کرد. از طریق تصویر می‌توان به درمان بیماری پرداخت. با کمک تصویر می‌توان وضعیت آینده فرد را پیش‌بینی نمود. پیش‌بینی با استفاده از "تصویر" و از استفاده از آن در علوم مالی و حسابداری در پیش‌بینی ورشکستگی موضوعی جدید و دارای اهمیت و جذابیت زیادی است. واژه (تصویر) چنان کاربردهای گسترده و گوناگونی دارد که ارائه تعریفی ساده و جامع، دشوار می‌نماید. فرهنگ لغت انگلیسی کمبریج نیز تصویر را به معنای چیزی که در ذهن با استفاده از حافظه شکل می‌گیرد، تعریف می‌نماید. کلمه تصویر در زبان فارسی در لغتنامه دهخدا با معانی "تصویر و صورت کردن" یعنی نقش کردن و رسم نمودن به‌کاربرده شده است. فرهنگ فارسی معین آن را تصویرگری و صورت‌سازی معنی می‌کند (کریشوسکای و همکاران^۲، ۲۰۱۲). عباسعلی حق‌پرست و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله‌ای به‌پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی تصویری پرداخته‌اند بدین‌صورت که نسبت‌های مالی به‌عنوان داده‌های پژوهش را از طریق نرم‌افزار متلب ۲۰۱۹ به تصویر تبدیل کرده‌اند سپس به کمک شبکه عصبی کانولوشن و تحت معماری گوگل نت اقدام به تشخیص و پیش‌بینی وضعیت شرکت‌های نمونه گردید که به این نتیجه رسیدند که پیش‌بینی و شناخت از روی تصاویر پیش‌بینی درستی با دقت ۵۰ درصد از بین شرکت‌ها انجام داده‌اند (حق‌پرست و همکاران، ۲۰۲۱).

۲-۳- مطالعات پیشین روش‌های مختلف آنالیز روغن

راپاسو و همکاران^۳ (۲۰۱۹) یک مدل برای نظارت بر شرایط ارائه داده‌اند. با استفاده از داده‌های حاصل از روغن موجود در موتورهای دیزل ناوگان اتوبوس‌های شهری، روند تخریب را مطالعه می‌کنند و سیاست تعمیر و نگهداری پیش‌بینی شده برای جایگزینی روغن را توسعه می‌دهند. که بر اساس تجزیه و تحلیل شرایط روغن، می‌توان فواصل جایگزینی روغن را افزایش داد و این امکان را فراهم می‌کند تا در دسترس بودن افزایش یابد. آن‌ها پیش‌بینی سری زمانی را با رفتار آماری برخی پساب‌های روغن مانند دوده پیوند می‌زنند. این تمرین می‌تواند به سایر متغیرها نیز گسترش یابد و این مدل قابلیت استفاده در سایر دارایی‌های فیزیکی را دارد تا بهترین دسترسی را بر اساس سیاست نظارت بر شرایط به دست آورد.

¹ Rauscher

² Krizhevsky

³ Rapaso

جدول (۱). روش‌های مورد استفاده برای پایش وضعیت و پیش‌بینی نتایج آنالیز روغن

ردیف	نویسنده	سال	روش‌های مورد استفاده برای پایش وضعیت آنالیز روغن						
			سنگرها	مطالعات فازی	روش آماری	روش گرافیکی	تأثیر ذرات	تأثیر ارتفاع	هوش مصنوعی
۱	دینا علیزاده و حجت احمدی	۱۳۸۸							
۲	جیانگ و همکاران	۲۰۱۲							
۳	ژو و همکاران	۲۰۱۳							
۴	و ستاین و همکاران	۲۰۱۳							
۵	ایسا و همکاران	۲۰۱۳							
۶	کرول و همکاران	۲۰۱۵							
۷	یو و همکاران	۲۰۱۶							
۸	کومار و همکاران	۲۰۱۶							
۹	اُکل و همکاران	۲۰۱۶							
۱۰	سج کورووا و گلوس	۲۰۱۷							
۱۱	هیری و همکاران	۲۰۱۷							
۱۲	راسچر و همکاران	۲۰۱۷							
۱۳	هوگو و همکاران	۲۰۱۹							

۳- روش تحقیق

روش تحقیق مجموعه‌ای از قواعد، ابزار و راه‌های معتبر، قابل اطمینان و نظام‌یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی به راه‌حل مشکلات است. از منظر هدف تحقیق، این پژوهش یک پژوهش توسعه‌ای است. تحقیق توسعه‌ای به منظور گسترش دانش عمومی انسان انجام می‌گیرد؛ بنابراین تحقیق و پژوهش روی تمامی موضوعاتی که بتواند به گسترش این علوم کمک کرده و مسائل ناشناخته‌ی آن را آشکار سازد جزو تحقیقات توسعه‌ای محسوب می‌گردد. پژوهش حاضر از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، روش پیمایشی است.

۳-۱- جامعه آماری

جامعه آماری در این تحقیق شامل موتورهای دیزلی، تعداد 360 موتور به عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شده

۳-۲- روش‌های جمع‌آوری اطلاعات

در هر تحقیقی جمع‌آوری اطلاعات یکی از مهم‌ترین برنامه‌هاست. در کار جمع‌آوری اطلاعات در هر تحقیق، نه تنها باید از چندین روش استفاده کرد، بلکه باید روش درست و با شناخت کامل برگزیده شده و به درستی بکار برده شود. روش‌های گردآوری اطلاعات را به طور کلی می‌توان به دو طبقه زیر تقسیم کرد که در این تحقیق از هر دو روش استفاده شده است:

۳-۳- مطالعات کتابخانه‌ای

در تحقیق حاضر از مطالعات کتابخانه‌ای بهره گرفته شده و با مراجعه به کتاب‌ها، مجلات و نشریات داخلی و خارجی و همچنین پایان‌نامه‌های انجام شده در سایر دانشگاه‌ها سعی شده است تا ادبیات و پیشینه تحقیقات انجام شده گردآوری شود.

۳-۴- مطالعات میدانی

روش‌های میدانی به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که محقق برای گردآوری اطلاعات ناگزیر است به محیط بیرون برود و با مراجعه به افرادی که به‌صورت مستقیم با موضوع در ارتباط هستند نسبت به جمع‌آوری اطلاعات اقدام نماید. به‌منظور تأیید و تصدیق چارچوب به‌کارگیری شده از روش جلسات خبرگی با کارشناسان خبره موردنظر استفاده شده است؛ و همچنین در این تحقیق نیز برای گردآوری اطلاعات به کارشناسان خبره در پروژه‌های عمرانی در سطح کشور در زمینه مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن مراجعه شد.

۴- خطوط مبنا

رضانی و همکارانش در مقاله‌ای با استفاده از داده کاوی و نتایج آنالیز روغن به تعیین خطوط مبنا فرسایشی برای موتورهای پرداخته اند (رضانی و همکاران، ۱۳۸۶) که در این تحقیق با استفاده از روش مورد استفاده در مقاله گفته‌شده و داده‌های در دست خطوط مبنای موردنظر را برای موتورهای دیزلی به دست آورده که در جدول (۲) به‌طور کامل نشان داده شده است.

جدول (۲). خطوط مبنای موتورهای دیزلی

بحرانی	مرزی غ ق ق	مرزی	عادی	عناصر
$80.27 >$	$80.27 < x < 62.63$	$62.63 < x < 44.99$	$44.99 <$	آهن (fe)
$23.69 >$	$23.69 < x < 17.76$	$17.76 < x < 11.84$	$11.84 <$	کروم (cr)
$13.38 >$	$13.38 < x < 10.19$	$10.19 < x < 6.99$	$6.99 <$	سرب (pb)
$6.44 >$	$6.44 < x < 4.88$	$4.88 < x < 3.32$	$3.32 <$	مس (Cu)
$0.48 >$	$0.48 < x < 0.33$	$0.33 < x < 0.179$	$0.179 <$	قلع (sn)
$19.98 >$	$19.98 < x < 15.59$	$15.59 < x < 11.20$	$11.20 <$	آلومینیوم (Al)
$0.76 >$	$0.76 < x < 0.56$	$0.56 < x < 0.37$	$0.37 <$	نیکل (Ni)
$0.105 >$	$0.105 < x < 0.073$	$0.073 < x < 0.042$	$0.042 <$	نقره (Ag)
$27.93 >$	$27.93 < x < 21.90$	$21.90 < x < 15.86$	$15.86 <$	سیلیسیم (si)
$114.78 >$	$114.78 < x < 82.92$	$82.92 < x < 51.06$	$51.06 <$	بور (B)
$15.02 >$	$15.02 < x < 11.83$	$11.83 < x < 8.65$	$8.65 <$	سدیم (Na)
$354.07 >$	$354.07 < x < 250.82$	$250.82 < x < 250.82$	$250.82 <$	منیزیم (Mg)
$4560.01 >$	$4560.01 < x < 3948.83$	$3948.83 < x < 337.83$	$337.83 <$	کلسیم (Ca)
$0.98 >$	$0.98 < x < 0.069$	$0.069 < x < 0.4032$	$0.4032 <$	باریم (Ba)
$1587.43 >$	$1587.43 < x < 1329.47$	$1329.47 < x < 1071.50$	$1071.50 <$	فسفر (p)
$1708.68 >$	$1708.68 < x < 1467.27$	$1467.27 < x < 1225.86$	$1225.86 <$	روی (zn)
$0.06 >$	$0.06 < x < 0.041$	$0.041 < x < 0.022$	$0.022 <$	تیتانیوم (Ti)
$2.91 >$	$2.91 < x < 1.84$	$1.84 < x < 1.48$	$1.48 <$	وانادیوم (v)
$26.26 >$	$26.26 < x < 21.78$	$21.78 < x < 17.30$	$17.30 <$	PQ
$259.35 >$	$259.35 < x < 218.75$	$218.75 < x < 178.16$	$178.16 <$	V ویسکوزیته ۴۰

در این تحقیق وضعیت عناصر با چهار کد (۰، ۱، ۲، ۳) مطابق جدول کدگذاری شده‌اند که به ترتیب، وضعیت عادی با عدد ۰، وضعیت مرزی با عدد ۱، وضعیت مرزی غیر قابل قبول (مرزی غ ق ق) با عدد ۲ و بحرانی با عدد ۳، کدگذاری شده است که این کدگذاری در تمام جداول و در خروجی ها و ورودی های نرم افزار نیز بکار برده می شود.

جدول (۳). کدهای وضعیت عناصر موجود در روغن

نوع وضعیت	کد
عادی	۰
مرزی	۱
مرزی غیر قابل قبول	۲
بحرانی	۳

از طرف دیگر وضعیت نهایی روغن نیز با ۵ کد (۰، ۱، ۲، ۳، ۴) مطابق جدول (۴) کدگذاری شده است که به ترتیب وضعیت عادی روغن با عدد ۰، وضعیت مرزی قابل قبول با عدد ۱، وضعیت مرزی با عدد ۲، وضعیت مرزی سریع با عدد ۳، وضعیت بحرانی با عدد ۴، کدگذاری شده است

جدول (۴). کدهای وضعیت نهایی روغن

عادی	۰
مرزی قابل قبول	۱
مرزی	۲
مرزی سریع	۳
بحرانی	۴

۵- تصویرسازی داده‌های آنالیز روغن

مرحله ۱: مرتب کردن داده های آنالیز روغن در یک ماتریس مربعی

جدول (۵). مرتب کردن داده های آنالیز روغن در یک ماتریس مربعی

قلع	سرب	کروم	آهن
نیکل	سیلیسیم	آلومینیوم	مس
منیزیم	سدیم	بور	نقره
روی	فسفر	باریم	کلسیم
ویسکوزیته ۴۰ درجه	ذرات آهن	وانادیوم	تیتانیوم

نمونه اول				نمونه دوم			
۳۱.۷	۳.۵	۳.۹	۱.۹	۱۰.۳	۱.۲	۲	۳
.	۷	۰.۵	.	.	۳.۱	۰	۰

ارایه ی الگوی یادگیری برای تحلیل وضعیت روغن با استفاده از تصویرسازی نتایج آنالیز روغن (مطالعه موردی: موتورهای دیزلی)

۳.۹	۰.۷	۱.۸	۲۳.۲	۱۲.۲	۵۶	۶.۷	۲۱.۹
۳۰.۵۳	۰	۲۷۳	۷۶۹	۲۵۶۹	.	۹۲۹	۱۱۲۲
	۰.۴	۸	۱۶۸	.	۲	۱۳	۸۹
نمونه سوم				نمونه چهارم			
۱۶۲	۱۳.۳	۱.۷	۹.۶	۸۳	۲.۷	۰.۸	۷.۸
.	۶۴	۰.۴	.	۵	۵۹	۰.۵	.
۷۱	۲.۲	۱۴.۱	۱۶.۴	۲۷.۸	۱.۱	۴.۱	۶۱۷
۲۹۶۴	.	۷۲۹	۷۹۰	۱۲۵۱	.	۷۰۵	۸۶۷
.	.	۶۰	۷۸	.	۱.۵	۴۱	۱۰۰

مرحله دوم: کدگذاری داه ها

اعداد به دست آمده را با توجه به خطوط مبنا و همچنین کدگذاری های مربوطه به وضعیت عناصر به کدهای ۰ تا ۳ تبدیل می کنیم

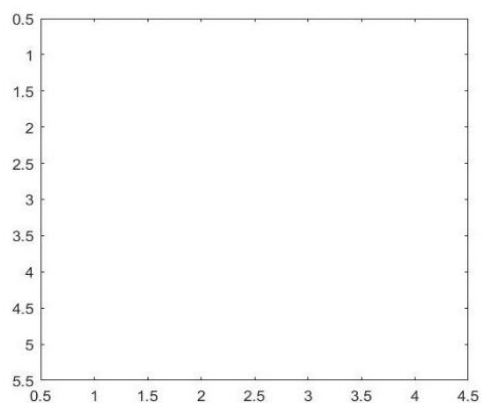
نمونه اول	نمونه دوم	نمونه سوم	نمونه چهارم
۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۳ ۰ ۰	۰ ۱ ۰ ۰	۳ ۲ ۰ ۳
۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۱ ۰ ۰	۰ ۳ ۱ ۰	۳ ۳ ۱ ۰
۰ ۰ ۰ ۰	۱ ۰ ۰ ۰	۳ ۰ ۰ ۰	۱ ۰ ۰ ۳
۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۰ ۰ ۰
۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۰ ۰ ۰	۰ ۰ ۳ ۰	۰ ۱ ۳ ۰

مرحله سوم: تبدیل اعداد به تصویر

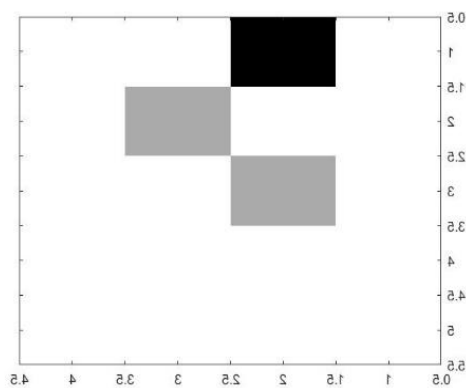
به وسیله نرم افزار متلب کدهای به دست آمده را به تصویر تبدیل می کنیم که نمونه های تبدیل شده به تصویر و همچنین یک نمونه از کد متلب تبدیل داده ها به عکس آورده در زیر آورده شده است.

```
b1=[0,0,0,0;0,0,0,0;0,0,0,0;0,0,0,0];
a=(b1/-3)+1;
>> imagesc(a)
colormap(gray)
caxis([0 1]);
```

نمونه اول



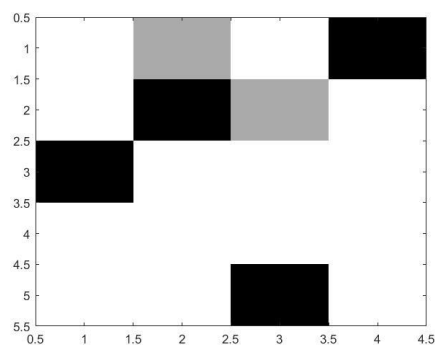
نمونه دوم



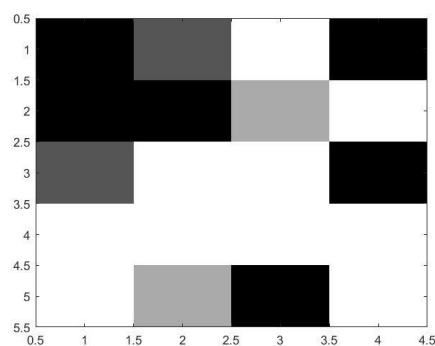
۶-ارائه کاربردهای الگوی تصویرسازی نتایج آنالیز روغن

حال به شرح کاربرد ایده‌ی تبدیل داده‌ها به تصاویر مقیاس خاکستری می‌پردازیم. هر ماه از تجهیز غلطک هیپکو ۲۵CA نمونه گیری شده و نتایج آنالیز روغن آن به شکل زیر می‌باشد:

نمونه سوم



نمونه چهارم



10.3	1.2	2	3
0	3.1	0	0
0.019	0.7	1.8	23.2
305	0	273	769
0	0.4	8	168

نمونه فروردین ماه

31.7	3.5	3.9	1.9
0	7	0.5	0
0.03	0.5	18.3	21.9
1122	0	929	1122
0	2	13	89

نمونه اردیبهشت ماه

45	5.2	3.9	۳
0	6.3	4	0
0.03	7	6.7	2۹1
2569	0.5	1130	1195
0	0.9	12	132

نمونه خرداد ماه

64	33.3	1.7	9.6
0	64	12	0
0.061	2.2	13.1	16.4
1195	0	729	790
0	0	23	78

نمونه تیر ماه

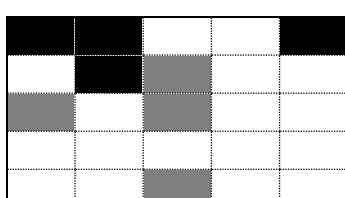
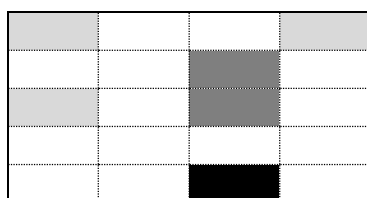
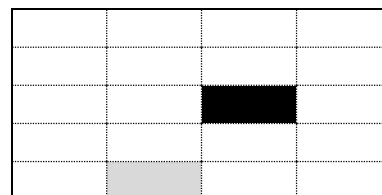
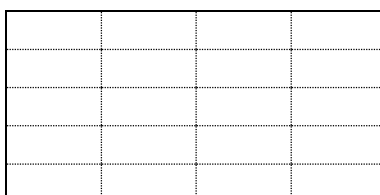
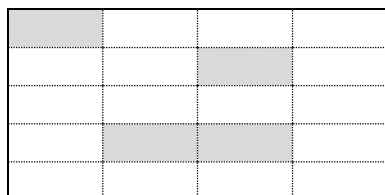
89	33.3	۳.۲	9.6
0	64	25	0
0.07	2.2	13.5	16.4
2946	0	729	790
0	0	۲۶	۸۲

نمونه تیر ماه (تکرار)

42	7.5	۳.۳	2
0	9	8	0
0.02	2.2	14.3	26
3287	0	729	929
0	0	29	۱۳۹

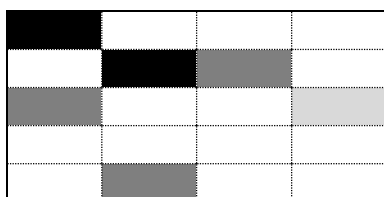
نمونه مرداد ماه

برای بررسی تغییر وضعیت روغن و وضع موتور تجهیز مقایسه روند داده‌ها زمان بر و حتی سردرگم کننده و غیرقابل فهم است اما با تبدیل این داده‌ها به تصویر به سرعت می‌توان به درکی کلی از اوضاع و تغییر روندها دست یافت.

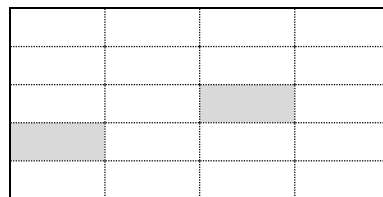


با نگاه به نتایج به دست آمده از تبدیل نتایج آنالیز روغن به تصویر می‌توان با سادگی و سرعت بیشتری متوجه اتفاقات رخ داده برای موتور شد و در صورت تشخیص بحرانی شدن وضعیت روغن نتیجه آنالیز روغن را برای خبره ارسال کرد تا عیب پیش آمده برای موتور را تشخیص دهد. در مثال فوق در نمونه مربوط به ماه اردیبهشت بحرانی شدن مقدار عنصر سدیم به تنهایی و بدون هشدار در سایر عناصر موجود در روغن نشان دهنده‌ی نشت ضدیخ به داخل روغن از مخزن سردکننده است و با تعویض مخزن یا نشتی‌گیری مشکل برطرف می‌شود. اما در تیرماه افزایش مقدار عناصر کروم، سیلیسیم، آلومینیوم و افزایش آهن و ذرات آهن در روغن نشانه‌ی خوردگی و آسیب در بخش‌هایی از موتور (یاتاقان‌ها) است. با تکرار نمونه‌گیری از روغن و ارسال آن به آزمایشگاه صحت اطلاعات نمونه قبلی تأیید شده است، لذا با توجه به تشخیص خبره یاتاقان‌ها تعویض گردیده و از افزایش خرابی و آسیب جدی به موتور جلوگیری شده است. از کاربردهای دیگر روش تصویرسازی می‌توان به خلاصه کردن وضعیت روغن مجموعه‌ای از تجهیزات در یک نمودار کلی و امکان مقایسه تجهیزات با هم و پیدا کردن درک کلی از وضعیت مجموعه است. برای مثال نمونه زیر می‌تواند وضعیت روغن ۹ خودرو مختلف در ناوگان یک رده باشد.

M23-a11 بنز مایلر



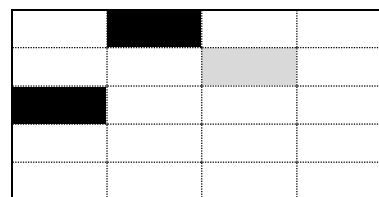
M23-a12 بنز مایلر



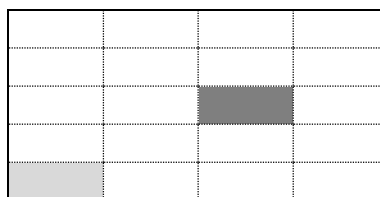
M23-a13 بنز مایلر



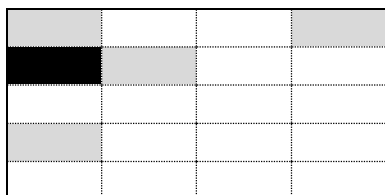
M23-a15 بنز مایلر



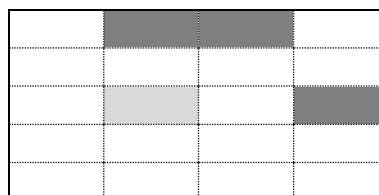
M23-a14 بنز مایلر



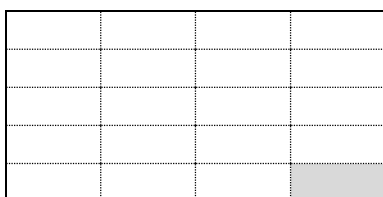
M23-a16 بنز مایلر



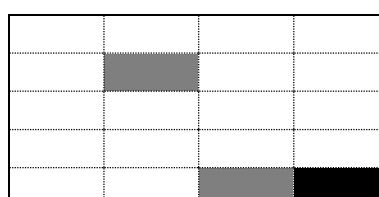
M23-a17 بنز مایلر



M23-a18 بنز مایلر



M23-a19 بنز مایلر



در مجموعه‌هایی که تعداد تجهیزات زیاد است یا به دلیل حساسیت تجهیزات فاصله بین هر بار نمونه گیری از تجهیز کم است، لذا تعداد کاربرگ‌های آنالیز روغن بسیار زیاد می‌شود و در نتیجه زمان و انرژی زیادی برای بررسی جزئیات اعداد این آنالیزها لازم است که برای حل این مشکل می‌توان با تهیه نتایج تصویری شده آنالیز روغن به سرعت نمونه های نیازمند اقدام را از بین انبوه نمونه ها شناسایی کرد یا به وضعیت کلی سلامت مجموعه پی برد.

۷- نتیجه گیری

بخش قابل توجهی از هزینه‌های یک واحد صنعتی مربوط به هزینه‌های نگهداری و تعمیرات است. هر مجموعه صنعتی بدون داشتن برنامه‌ی نگهداری از تجهیزات خسارت‌های جبران نشدنی را متحمل می‌شود در حال حاضر نتایج آنالیز روغن به کمک روش‌های داده‌کاوی، شبکه عصبی و روش منطق فازی تحلیل می‌شود. یکی از مشکلات حوزه‌ی پایش وضعیت به کمک آنالیز روغن هزینه و زمان موردنیاز برای بررسی همه‌ی نمونه‌ها توسط خبره است، درواقع همه‌ی داده‌های حاصل از آنالیز روغن نیاز به بررسی توسط خبره ندارند و تنها ۵ درصد از این داده‌ها نشان‌دهنده‌ی وضعیت بحرانی است که نیاز به برنامه‌ریزی و اقدام سریع دارند، از این رو در این مقاله ما با تصویر سازی نتایج آنالیز روغن و با نگاه به نتایج به دست آمده از تبدیل نتایج آنالیز روغن به تصویر می‌توان با سادگی و سرعت بیشتری متوجه اتفاقات رخ داده برای موتور شد و در صورت تشخیص بحرانی شدن وضعیت روغن نتیجه آنالیز روغن را برای خبره ارسال کرد تا با آنالیز دقیق تر عیب پایش آمده برای موتور را تشخیص دهد.

منابع

رضائی، س. معماریانی، ع.، مسعودی، ع. نورنگ، ا. (۱۳۸۶). کاربرد داده کاوی در تعیین خطوط مبنای رفتار فرسایشی موتورها با استفاده از نتایج آنالیز روغن. اولین کنفرانس داده کاوی ایران.
علی زاده، د. حجت، ا. (۱۳۸۹). پایش وضعیت موتور دیزل با تحلیل روغن به روش منطق فازی. نشریه تحقیقات موتور، (۱۹) ۵.

حق پرست، ع، مومنی، ع، گرد، ع، منصوری، ف. (۲۰۲۱). نسبت‌های مالی تصویری و پیش‌بینی ورشکستگی شرکتها با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی کانولوشن. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۲(۴۶)، ۵۷۵-۵۵۸.

- Rauscher, M. S., Tremmel, A. J., Schardt, M., & Koch, A. W. (2017). Non-dispersive infrared sensor for online condition monitoring of gearbox oil. *Sensors*, 17(2), 399.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25.
- Raposo, H., Farinha, J. T., Fonseca, I., & Galar, D. (2019). Predicting condition based on oil analysis—A case study. *Tribology International*, 135, 65-74.
- Jiang, X. F., Liu, F., & Zhao, P. C. (2012). Gearbox Non-Ferrous Metal Bearing Wear Condition Monitoring Based on Oil Analysis. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 164, pp. 73-76). Trans Tech Publications Ltd.
- Zhu, J., He, D., & Bechhoefer, E. (2013). Survey of lubrication oil condition monitoring, diagnostics, and prognostics techniques and systems. *Journal of chemical science and technology*, 2(3), 100-115.
- Westin, P. O., Marklund, P., & Sandström, J. (2013). Wear detection by monitoring hydraulic oil contamination: an experimental comparison between on-line and off-line measurements. In *World Tribology Congress: 08/09/2013-13/09/2013*.
- Isa, M. C., Yusoff, N. H. N., Nain, H., Yati, M. S. D., Muhammad, M. M., & Nor, I. M. (2013). Ferrographic analysis of wear particles of various machinery systems of a commercial marine ship. *Procedia Engineering*, 68, 345-351.
- Król, A., Gocman, K., & Giemza, B. (2015). Neural networks as a tool to characterise oil state after porous bearings prolonged tests. *Materials Science*, 21(3), 466-472.
- Yu, S., Zhao, D., Chen, W., & Hou, H. (2016). Oil-immersed power transformer internal fault diagnosis research based on probabilistic neural network. *Procedia Computer Science*, 83, 1327-1331.
- Kumar, A., & Ghosh, S. K. (2016). Oil condition monitoring for HEMM—a case study. *Industrial Lubrication and Tribology*.
- Akl, S. Y., Abd El-Ghafar, S., & Mosleh, H. (2016, November). An Experimental Investigation of Industrial Gearbox Condition Using Wear Particle Analysis Technique. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 50633, p. V009T17A001). American Society of Mechanical Engineers.
- Sejkorová, M., & Glos, J. (2017). Analysis of degradation of motor oils used in Zetor tractors. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, volume 65, issue: 1.
- Hirri, A., Tagourmate, S., Benamar, A., Kzaiber, F., & Oussama, A. (2017). Prediction of kinematic viscosity in motor oil using ftir coupled with partial least squares regression. *Int. J. Chem. Mater. Environ. Res*, 4(1), 102-107.
- Rauscher, M.S., Tremmel, A. J., Schardt, M., Koch. A. W., (2017). Non-dispersive infrared sensor for online condition monitoring of gearbox oil. *Sensors*, 17(2), 399.