پایش وضعیت موتور دیزل با تحلیل روغن[1] به روش منطق فازی

دینا علیزاده*
دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه تهران- دانشکده کشاورزی
Dina_Alizadeh@yahoo.com

حجّت احمدی
دانشیار- دانشگاه تهران - دانشکده کشاورزی
Hjahmadi@ut.ac.ir

* نویسنده مسئول/تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۰۸ پذیرش نهایی مقاله: ۸۸/۱۲/۲۵

چکیده

هر مجموعهٔ صنعتی بدون داشتن برنامهٔ نگهداری از تجهیزات خسارتهای جبران نشدنی را متحمل می‌شود. هزینه‌های خرید قطعات یدکی و تعمیرات از یک طرف و کاهش درآمد مجموعه بر اثر متوقف شدن دستگاه برای تعمیر، از طرف دیگر مانع بزرگی برای پیشرفت و توسعهٔ شرکتها است. امروزه بکارگیری فنآوری پایش وضعیت (CM) از طریق تحلیل روغن، به عنوان روشی مؤثر در تشخیص فرسایشهای غیر عادی یا عیوب تجهیزات و سامانه‌های مکانیکی شناخته می‌شود. در این تحقیق سعی شده است علاوه بر تبیین جایگاه مراقبت وضعیت از طریق تحلیل روغن در یک نظام نگهداری و تعمیرات، اطلاعات لازم برای عملیاتی نمودن یک برنامهٔ مؤثر CM تأمین شود. بدین ترتیب با داشتن منابع اطلاعاتی مناسب، به بررسی رفتار فرسایشی موتورهای دیزل پرداخته شده است. موارد مورد مطالعه شده در تحلیل روغن عبارتند از: آهن، آلومینیوم، کروم، سرب، مس، سیلیس، گرانروی، درشتی ذرات آهنی، عدد قلیایی و آلودگی آب. داده‌های موتور کامیون بنز ۲۶۲۸ به عنوان نمونه، مورد تحلیل شد. یافته‌های این مطالعه نشان دهندهٔ الگوی خاصی متناسب با مؤلفه‌های روغن است که می‌توان با بکار گرفتن منطق فازی و ایجاد یک سلسله از قوانین فازی پی به وجود این الگو برد. سپس با بهره گرفتن از این برنامهٔ فازی به تشخیص و پیش‌بینی عیوب در موتور دیزل پرداخته می‌شود.

کلید واژه‌ها: نگهداری و تعمیرات، پایش، تحلیل روغن، منطق فازی

۱- مقدمه

اولین و مهم‌ترین قدم در جهت اجرای مطلوب نگهداری و تعمیرات قبل از خرابی دستگاه، برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط تجهیزات می‌باشد. با استفاده از روش‌های اندازه گیری شرایط و وضعیت فنی نظیر ارتعاش سنجی، تحلیل روغن، ترموگرافی و... معایب و شکستهای احتمالی و بالقوهٔ تجهیزات تشخیص داده می‌شود. بنابراین قبل از خرابی آن‌ها، فرصت برای برنامه‌ریزی و انجام تعمیرات اصلاحی و یا اقدامات پیش گیرانه در اختیار واحد نگهداری و تعمیرات قرار می‌گیرد. این امر باعث کاهش هزینه‌های تعمیراتی تا ۵۰٪، کاهش خرابی‌های اتفاقی تا ۵۵٪ و کاهش انبار قطعات یدکی تا ۳۰٪ درصد می‌شود[۱].

در سامانه‌های مکانیکی که اجزاء با روغن در تماسند، روش پایش روغن، قابلیت بالایی را در تشخیص عیوب مکانیکی دارد و به عنوان

۱ - Oil Analysis

ابزاری مؤثر، امکان بهینه‌سازی سامانه‌ها و نظارتهای مختلفی نظیر بررسی روند استهلاک، کیفیت قطعات و مواد و چگونگی انجام تعمیرات را فراهم می‌سازد[۲]. ماشینهای مکانیکی بر روی یک لایهٔ بسیار نازک در حد ۱۰ میکرومتر از روغن که تقریباً معادل قطر یک سلول خون است حرکت می‌کنند. از دست رفتن این لایه به معنی خرابی و اطمینان از نگهداری روغن به طور سالم، تمیز و خشک حیاتی است. تحلیل روغن این هدف را به ثمر می‌رساند. علاوه بر این همانند خون در بدن انسان، روغن نیز در ماشین، نشان دهندهٔ مشخصات سالم ماندن ماشین است. تحلیل روغن این مشخصه‌ها را تبدیل به اطلاعات ارزشمندی می‌نماید که در زمینهٔ تصمیم‌گیری، نگهداری و بهره‌برداری به کار می‌روند[۳].

تحلیل روغن یکی از روش‌های اصلی مراقبت وضعیت موتورها به شمار می‌رود. در این روش، مقداری از روغن روانکاری تجهیز به عنوان نمونه گرفته و پس از ذخیره در ظرفهای ویژه‌ای، به آزمایشگاه ارسال می‌شود. سپس با انجام یک سری آزمایشهای از پیش تعیین شده، از وضعیت روانکار و نیز وضعیت موتور، اطلاعات مفیدی بدست می‌آید. این امر منجر به حداقل رساندن آسیبها و خسارتهای وارده به موتور، کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و کیفیت فرآورده‌های تولیدی می‌شود. نظارت آلودگی روغن، پایش وضعیت کیفی روغن و ارزیابی ذرات فرسایشی و پایش وضعیت داخل موتور بدین وسیله، از اهداف اجرای پایش وضعیت روغن به شمار می‌رود[۴].

در این مقاله پس از بررسی و مطالعهٔ منابع موجود، به جمع آوری اطلاعات به وسیلهٔ تحلیل روغن پرداخته و با ارزیابی اطلاعات از طریق مقایسهٔ مقادیر با مقادیر پایه، موارد مسأله دار تشخیص داده شده و به علاوه با توجه به میزان اختلاف با مقادیر پایه و این که این اختلاف از چه نوعی است، به دو دستهٔ اخطار اولیه و اخطار به همراه توقف تقسیم می‌شوند. در نوع اول صرفاً ارزیابی اولیه به منظور حصول اطمینان انجام می‌گیرد. در نوع دوم بررسی کامل تری انجام گرفته و در صورت نیاز در قسمت معیوب تعمیراتی نیز صورت می‌گیرد. در نتیجه به کمک تحلیل روغن علاوه بر بدست آوردن اطلاعات در زمینهٔ وضعیت روغن، پی به وجود ذرات فرسایشی می‌بریم که این امر بیان‌گر ساییدگی در قطعات می‌باشد. پس با در اختیار داشتن منابع اطلاعاتی مناسب، مدلی هوشمند برای پیش بینی و خرابی موتور می‌توان ارائه داد و همچنین وضعیت مؤلفه‌های مؤثر در تحلیل روغن با وضعیت نهایی موتور، جهت کشف الگوهای مؤثر بر روند فرسایش موتور بررسی می‌شود و عوامل تأثیر گذار بر وضعیت موتور شناسایی و قواعد فرسایش استخراج می‌گردد.

۲- مروری بر تحقیقات گذشته

لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ اولین بار در مقاله ای به نام "مجموعه‌های فازی" تئوری فازی را معرفی نمود. در سال ۱۹۹۹ در زمینهٔ عیب‌یابی سامانهٔ کنترل آلایندهٔ موتور، به طریق استنتاج فازی تحقیقاتی به عمل رسید[۵]. نتایج آن‌ها بیان‌گر این بود که سامانهٔ منطق فازی می‌تواند به عملکرد ابزار عیب شناسی موتور کمک کند. در سال ۲۰۰۵ به تحقیق در مورد تشخیص و جداسازی عیب برای یک موتور احتراقی خودالقای آزمایشی، از طریق تشخیص فازی پرداخته شد[۶]. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که چگونه یک سامانهٔ فازی بسازیم تا به تخمین علائم موتور برای محاسبه نمودن انحراف از رفتار عادی آن بپردازد. یک سامانهٔ آگاهی دهنده و عیب‌یاب فازی برای بهینه سازی آلاینده‌ها و مصرف سوخت در سال ۲۰۰۵ ساخته گشت. به خاطر این سامانه بسیاری از عیوب موتور به گونه‌ای موثر تشخیص داده شدند[۷].در سال ۱۹۹۶ شیوه‌ای بکار برده شد که از منطق فازی برای عیب‌یابی موتور استفاده می‌کند[۸]. نتایج نشان می‌دهد که عیوب می‌تواند با یک مدل فازی شناسایی شوند. در سال ۱۹۹۸ تحقیق دربارهٔ کاربردهای منطق فازی برای کنترل خودکار، نظارت و عیب‌یابی انجام گرفته است[۹]. نتایج این تحقیق بیان‌گر این مطلب است که چگونه روش‌های منطق فازی به نظارت و عیب‌یابی با دلایل تقریبی برای علامت‌های مشاهده شده می‌پردازد. در سال ۱۹۹۱ برای عیب‌یابی موتور از منطق فازی کمک گرفته شد[۱۰]. نتایج نشان می‌دهد که منطق فازی با سرعت بسیار زیادی عیوب را از اطلاعات موجود جدا می‌سازد و همچنین اطلاعات عیوب اولیه را به موقع استنتاج می‌نماید. در سال ۲۰۰۰ یک سامانهٔ فازی برای عیب شناسی موتور بکار برده شد[۱۱].در سال ۱۹۸۹ به تشخیص عیب و پایش وضعیت موتورهای دیزلی پرداخته اند[۱۲]. نتایج تحقیق این نکته را بیان می‌کند که با استفاده از اطلاعات حاصل از پایش ذرات می‌توان پی به وجود عیوب مهم برد. باری وردگان و همکاران در سال ۱۹۹۸ به تحلیل آنالیز روغن به منظور پایش وضعیت موتورهای دیزلی پرداختند[۱۳]. از دیدگاه حفاظت از موتور، مقدار و غلظت آلودگی روغن به مهمی ترکیبات شیمیایی آن است. چون آنالیز اسپکتروسکوپیک در تهیهٔ اطلاعاتی نظیر اندازه گیری مقادیر ذرات فرسایشی ناتوان بود از آنالیز اندازهٔ ذره برای تکمیل آن استفاده نمودند. این امر موجب تصمیم گیری بهتر در زمینهٔ وضعیت موتور و روغن گشت.

با بررسی منابع موجود در زمینهٔ پایش وضعیت با تحلیل روغن در می‌یابیم که تا کنون از منطق فازی برای این منظور استفاده نگردیده است. افرادی که در آزمایشگاه‌های تحلیل روغن مشغول به کارند هر قدر هم که از تجربهٔ کافی برخوردار باشند می توانند حداکثر تأثیر دو تا سه

عامل را به طور هم زمان برای پیش بینی وضعیت موتور مورد تحلیل قرار دهند. حال به منظور رسیدن به این اهداف در پروژه‌های مستمر پایش وضعیت موتورهای دیزلی می‌توان با ایجاد مجموعه‌ای از قوانین فازی، تأثیر تمام عوامل را هم زمان و با دقت زیاد در نظر گرفت و در نهایت پی به وضعیت موتور برد.

۳- مواد و روش‌ها

در این تحقیق با استفاده از نتایج تحلیل روغن موتور کامیون ۲۶۲۸ به عیب‌یابی موتور دیزل پرداخته شده است. داده‌های استفاده شده در این تحقیق از واحد انفورماتیک شرکت البرز تدبیر کاران گرفته شده است که شامل مقادیر عناصر فرسایشی و مؤلفه‌های موجود در روغن به همراه نظر تحلیل‌گر آزمایشگاه در مورد هر کدام از عناصر و وضعیت کلی موتور می‌باشد.

برگهٔ تحلیل روغن به سه بخش کلی تقسیم می‌شود:

۱. بخش اول اطلاعات مربوط به روغن دستگاه است.

۲. بخش دوم اطلاعات مربوط به مقادیر عناصر فرسایش و مؤلفه‌های روغن است.

۳. بخش سوم اطلاعات مربوط به نتایج تحلیل روغن و نظرات و توصیه‌های تحلیل‌گران می‌باشد.

در اطلاعات خام تحویل گرفته شده از آزمایشگاه، حوزه‌های مختلفی وجود دارد. در بخش اول نواحی زیر موجود است: (گروه نمونه برداری، تعداد نمونه، کد اختصاصی مورد نمونه‌گیری، کارکرد روغن، نام روغن، درجهٔ روغن، سازندهٔ روغن، نام دستگاه، مدل، قسمت نمونه‌گیری شده، سازندهٔ دستگاه، تاریخ آزمایش).

بخش دوم شامل عناصر فرسایشی و مؤلفه‌های روغن به شرح زیر است:

آهن Fe، کروم Cr، آلومینیوم Al، مس Cu، سرب Pb، قلع Sn، نیکل Ni، تیتانیم Ti، نقره Ag، مولیبدن Mo، سیلیسیم Si، سدیم Na، بور B، وانادیم V، روی Zn، فسفر P، کلسیم Ca، باریم Ba، منیزیم Mg، PQ، آلودگی آب، آلودگی سوخت، TBN، TAN، Vis ۴۰، Vis ۱۰۰.

و بخش سوم شامل قسمتهای زیر است:

وضعیت دستگاه، کد وضعیت، کد تغییر وضعیت، کد نظریه، توصیه و وضعیت تک تک موارد بخش دوم و کد وضعیت روغن می‌باشد. باید این نکته را متذکر شد که نظرات کارشناسان صرفاً بر مبنای تجربه و سال‌ها کار کردن در آزمایشگاه‌های تحلیل روغن بوده و هیچ گونه منطق ریاضی ندارد.

در این تحقیق بیان این نکته در مورد قسمتهای بخش اول ضروری است که نام دستگاه، کامیون ۲۶۲۸ ساخت شرکت بنز و قسمت مورد بررسی موتور آن است. تاریخ نمونه‌گیری و آزمایش بین ۷۹/۰۴/۱۹ و ۸۶/۰۱/۱۹ می‌باشد و نام کامیون به طور عام اطلاق شده است که شامل: کامیون، کمپرسی، تانکر سوخت، تانکر آب، کشنده، تراک میکسر، تریلی و جرثقیل می‌باشد. در اصل موتور ۲۶۲۸ مدنظر بوده است.

در این جا برای این که تصویر کامل تری از مبحث مراقبت وضعیت داشته باشیم در مورد تعدادی از آزمایش‌های مهم که بر روی روغن‌ها انجام می‌شود، توضیح مختصری آورده می‌شود.

آزمایش اسپکتروسکوپی AES[۱] : از طریق این آزمایش عناصر فلزی و غیرفلزی موجود در روغن شناسایی می‌شوند. اساس کار اسپکتروگرافی تحریک اتم‌های موجود در نمونهٔ روغن و ارزیابی طیف انرژی ساطع شده از آن‌ها می‌باشد. با ارزیابی طول موج‌ها مقدار و نوع عناصر فلزی موجود در نمونهٔ روغن تعیین می‌شود. در این روش ذرات با ابعاد حدود هشت تا ۱۰ میکرن نیز قابل تشخیص هستند. برخی از این عناصر مانند آهن (Fe)، آلومینیوم (Al)، کروم (Cr)، سرب (Pb) و مس (Cu) ناشی از فرسایش قطعات داخل دستگاه هستند و برخی هم چون کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، فسفر (P) و روی (Zn) نشان دهنده‌ی وجود مواد افزودنی در روغن هستند. بعضی عناصر هم شامل سیلیس (Si) و سدیم (Na) از عناصر آلاینده هستند که از محیط وارد روغن می‌شوند. واحد اندازه‌گیری این عناصر ppm[۲] می‌باشد.

آلودگی آب: آب این عنصر حیات بخش می‌تواند نابود کننده‌ی سرمایه‌های ملی باشد. اندازه گیری دقیق آب در روغن روشی مناسب برای مراقبت و حفاظت ار تجهیزات می‌باشد. آزمایش شناسایی آب در روغن از دو روش انجام می‌گیرد:

- تعیین میزان دقیق آب در روغن از ۱۰ میکروگرم تا ۱۰۰٪ آب از طریق کارل فیشر (کلومتریک) برای سامانه‌های صنعتی که می‌بایستی با دقت بیش‌تری میزان آب در روغن شناساییی و کنترل شود.
- روش Crackle test برای شناسایی آب در روغن به میزان کم‌تر و یا بیش‌تر از ۰٫۱٪ استفاده می‌شود. اکثر سازندگان تجهیزات مکانیکی توصیه می‌کنند میزان آب در روغن از ۰٫۱٪ بیش‌تر نباشد زیرا وجود آب بیش از حد مجاز می‌تواند باعث فساد روغن و نیز تغییر وضعیت فرسایش دستگاه شود مقادیر کم‌تر از ۰٫۱٪ معمولاً مشکل آفرین نمی باشد مگر این که سازنده برای دستگاه مقادیر پایین‌تری را به عنوان حد مجاز مشخص نموده باشد.

۱- Parts per Million
۲- Atomic Emission Spectroscopy

این روش برای کلیهٔ ماشین‌های راه سازی، ساختمانی و معدن و صنعت حمل و نقل کاربرد دارد. در صورتی که آلودگی بیش از این مقدار باشد به ویژه اگر بیش از ۰/۵٪ باشد باید عیب‌یابی انجام شود.

شاخص ذرات درشت آهنی PQ[۱] : هر چه اندازهٔ ذرات فلزی موجود در روغن بزرگ‌تر باشد وضعیت فرسایش " بدتر " و خرابی نهایی نزدیک‌تر خواهد بود. بنابراین شناسایی ذرات درشت خصوصاً آهن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با انجام آزمایش PQ حضور ذرات درشت آهنی (بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون) در روغن به خوبی نشان داده می‌شود. این ذرات درشت آهنی را نمی‌توان از روش AES شناسایی کرد زیرا روش AES ذرات با اندازه‌ی کم‌تر از پنج میکرون را اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین با استفاده از هر دو روش PQ و AES قادر خواهیم بود طیف گسترده‌ای از ذرات آهنی با اندازه‌های یک تا ۱۰۰ میکرون را شناسایی نماییم.

• اساس کار دستگاه کمیت سنج ذرات که یک مغناطیس سنج است، اندازه گیری تغییرات در نیروی مغناطیسی میدان مغناطیسی در اثر مجاورت نمونهٔ روغن می‌باشد. در واقع خطوط میدان مغناطیسی یک کویل که در دستگاه تعبیه شده توسط ذرات آهنی موجود در نمونهٔ روغن دچار انحراف شده و میزان این تغییرات به وسیلهٔ یک سامانهٔ دیجیتال نمایش داده می‌شود. نتایج نشان داده شده توسط دستگاه به عنوان شاخص PQ خوانده می‌شود و در واقع واحدی ندارد.

عدد بازی کل (TBN)[۲]: محتوای قلیایی کلی موجود در روانکار را نشان می‌دهد. مقدار زیادی از افزودنی‌هایی که امروزه در روغن مورد استفاده قرار می‌گیرند حاوی مواد قلیایی هستند تا محصولات اسیدی حاصل از احتراق را خنثی نمایند. TBN نسبتاً بالا مربوط به افزایش محافظت در برابر خوردگی رینگ و آستری سیلندر می‌باشد. کاهش غیر عادی در TBN ممکن است نشان دهندهٔ کاهش ظرفیت خنثی نمودن اسید باشد. برای تعیین TBN ابتدا مقدار اسید لازم برای خنثی سازی محتوای قلیایی نمونه مشخص شود. آن گاه نتیجهٔ نهایی بر حسب اکی والان هیدروکسید پتاسیم در یک گرم از نمونه بیان می‌گردد.

۱- Particle Quantifier
۲- Total Base Numb

۳-۱ منطق فازی

منطق فازی در واقع روش جدیدی برای محاسباتی کردن مفاهیم و کمیت‌های حسی و کیفی ارائه می‌دهد. آن چه که قبلاً بشر نظریات خود را بر پایهٔ آن بنا می‌کرد این بود که فقط کمیت قابل محاسباتی شدن است و مفاهیم کیفی و حسی غیر دقیق و حتی مبهم نظیر خوب، طولانی، گرم، سرد، پیر، جوان و نظایر آن‌ها را نمی‌توان محاسباتی کرد! در صورتی که مغز انسان با در نظر گرفتن عوامل مختلف و بر پایهٔ تفکر استنتاجی، منطقی ویژه برای این کمیتها پیاده می‌کند[۱۴].

۳-۲ مراحل پیاده سازی تنظیم کنندهٔ فازی

۳-۲-۱ مرحلهٔ فازی سازی

مرحله‌های فازی سازی، مرحله‌های تعریف مجموعه‌های فازی برای متغیرهای ورودی وخروجی است. برای تعریف این مجموعه‌های فازی، باید دانش اولیه‌ای از دامنهٔ تعریف هر کدام از این متغیرها داشته باشیم. در این پروژه از نرم افزار مطلب استفاده شده است.

آهن Fe، کروم Cr، آلومینیوم Al، مس Cu، سرب Pb، سیلیسیم Si، PQ ، گرانروی ۴۰Vis ، آلودگی آب و TBN به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است که این انتخاب با توجه به تجربهٔ تحلیل‌گران و میزان تأثیر بیش تر این عوامل بر تحلیل وضعیت موتور بوده است. خروجی نیز بررسی وضعیت موتور می‌باشد تا مشخص گردد که موتور در چه شرایطی به سر می‌برد.

۳-۲-۲ توابع تعلق

تابع تعلق یک مجموعهٔ فازی، درجهٔ عضویت یک عنصر در آن مجموعه را مشخص می‌کند. ابتدا با توجه به اطلاعات موجود در برگه‌های تحلیل روغن و نیز پس از مشورت با افراد باتجربه و خبره که مشغول کار در آزمایشگاه‌های تحلیل روغن هستند می‌توان چهار محدودهٔ عادی، مرزی، مرزی غ ق ق (هشدار) و بحرانی را برای هر کدام از ورودیها (عناصر فرسایشی) تعیین کرد که به اختصار با حروف N، B، W و C نام گذاری شده‌اند. سپس باید میزان تغییرات غلظت عناصر فرسایشی در هر یک از این محدوده‌ها مشخص شود.

تابع تعلق یک مجموعهٔ فازی، درجهٔ عضویت یک عنصر در آن مجموعه را مشخص می‌کند. ابتدا با توجه به اطلاعات موجود در برگه‌های تحلیل روغن و نیز پس از مشورت با افراد باتجربه و خبره که مشغول کار در آزمایشگاه‌های تحلیل روغن هستند می‌توان چهار محدودهٔ عادی، مرزی، مرزی غ ق ق (هشدار) و بحرانی را برای هر کدام از ورودیها

(عناصر فرسایشی) تعیین کرد که به اختصار با حروف N، B، W و C نام گذاری شده‌اند. سپس باید میزان تغییرات غلظت عناصر فرسایشی در هر یک از این محدوده‌ها مشخص شود.

در این تحقیق وضعیت عناصر با چهار کد (۰، ۱، ۲ و 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) یا هشدار با عدد ۲ و وضعیت بحرانی با عدد ۳، کد گذاری شده است که این کد گذاری در تمام جداول بکار برده می‌شود.

جدول ۱ شماره‌گذاری وضعیت عناصر[۱]

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

برای متغیرهای خروجی کمیتهای زبانی این گونه تعریف می‌شوند: عادی، مرزی، رسیدگی سریع و بحرانی که با حروف N، B، E و C بیان شدهاند.

در جدول زیر این علائم و اختصارات شرح داده شده است.

جدول ۲ علائم و اختصارات

Normal	N	عادی
Boundary	B	مرزی
Warning	W	هشدار
Emergency	E	رسیدگی سریع
Critical	C	بحرانی

SPSS نرم افزاری برای انجام کارهای آماری از قبیل شمارش تعداد فراوانی، محاسبهٔ میانگین، انحراف معیار، مقادیر بیشینه و کمینه می‌باشد. در این تحقیق با کمک نرم افزار SPSS، عملیات آمار عمومی برای وضعیت‌های چهارگانهٔ عناصر فرسایشی انجام گرفته است.

این عملیات شامل: شمارش تعداد فراوانی هر وضعیت در عنصر فرسایشی که با n نشان داده می‌شود، میانگین مقادیر عناصر فرسایشی در هر وضعیت بر حسب ppm که با m نشان داده می‌شود، انحراف معیار هر دسته وضعیت که با std نشان داده شده و مقادیر بیشینه (max) و کمینه (min) برای هر کدام از وضعیت‌های چهارگانهٔ عناصر که بر حسب ppm بیان شده است.

به طور مثال همان طور که از جدول ۳ پیداست از ۱۵۸۴ نمونهٔ روغن کامیون بنز ۲۶۲۸، وضعیت عنصر فرسایشی آهن ۸۸۹ نمونه عادی (۰)، وضعیت ۴۵۰ نمونه مرزی (۱) وضعیت ۱۷۲ نمونه مرزی غ ق ق (۲) وضعیت ۷۳ نمونه بحرانی (۳) بوده است. همچنین میانگین مقادیر عناصر فرسایشی آهن در صورت وضعیت عادی ppm ۲۳,۳ در وضعیت مرزی ppm ۴۳,۱ و در وضعیت مرزی غ ق ق ppm ۷۶,۵ و وضعیت بحرانی ppm ۱۶۲,۳ بوده است[۱۵].

از طرف دیگر مقدار انحراف معیار از میانگین برای هر وضعیت در سطر بعدی نوشته شده است. مثلاً انحراف معیار از میانگین وضعیت عادی، ۸,۲ محاسبه شده است، این بدان معنی است که اگر مقدار ۸,۲± ۲۳,۳ تغییر کند باز هم وضعیت این نمونه عادی خواهد بود[۱۵].

در مثالی دیگر اگر به وضعیت مرزی (۱) در همین عنصر (آهن) توجه کنیم، درخواهیم یافت که برای این وضعیت نیز می‌توان تا حدود ۸,۲± ۴۳,۱ بازهٔ مشخصی را تعیین کرد. در بخش بعدی این تحقیق خواهیم دید که این روش و روش نمودار توزیع فراوانی نسبی مقادیر عناصر فرسایشی در هر وضعیت، یکدیگر را تکمیل می‌کنند تا بتوان در مجموع به حدود بالا و پایین هر شاخص فرسایشی در تحلیل روغن پی برد، این در واقع اولین گام برای کشف خط مبناست[۱۵].

در جدول زیر شرح کاملی از تمام عناصر آمده است. واحد اعداد در جدول بر حسب ppm می‌باشد.

جدول ۳ آمار توصیفی شامل: تعداد، میانگین، و انحراف معیار و ماکزیمم و مینیمم هر دسته از وضعیت‌های چهارگانه‌ی عناصر فرسایشی و مولفه‌های روغن[۱۵]

Fe						تعداد نمونه	Cr					تعداد نمونه
		۳	۲	۱	۰	st		۳	۲	۱	۰	st	
۷۳	۱۷۳	۴۵۰	۸۸۹	n	کامیون – ۲۶۲۸		۲	۱۷	۷۶	۱۴۸۹	n	کامیون – ۲۶۲۸	
۱۶۲,۳	۷۶,۵	۴۳,۱	۲۳,۳	m			۱۵,۶	۸,۲	۲,۹	۰,۸۴	m		
۶۸,۳	۱۴,۱	۸,۲	۸,۲	std	– ۷۹/۴/۱۹	۱۵۸۴	۱,۲	۱,۳۶	۰,۹۵	۰,۶۶	std	– ۷۹/۴/۱۹	۱۵۸۴
۳۸۶	۱۲۷	۱۱۸	۱۰۰	max	۸۶/۱/۱۹		۱۶,۵	۱۶,۱	۶	۵,۲	max	۸۶/۱/۱۹	
۷,۱	۵۴	۲۴,۸	۳,۶	min			۱۴,۸	۵,۹	۱,۵	۰	min		

Pb						تعداد نمونه
		st	.	۱	۲	۳	
	کامیون – ۲۶۲۸	n	۱۳۶۱	۱۳۳	۷۰	۲۰	
		m	۳,۱	۱۱,۴	۲۳,۴	۶۳,۲	۱۵۸۴
		std	۲,۴	۲,۷	۵,۴	۵۵,۲	
	۷۹/۴/۱۹ – ۸۶/۱/۱۹	max	۱۶	۲۰,۳	۳۹,۲	۲۴۰	
		min	۰	۶	۱۵,۳	۳۲,۸	

AI						تعداد نمونه
		st	.	۱	۲	۳	
	کامیون – ۲۶۲۸	n	۱۲۸۸	۲۰۷	۷۰	۱۹	
		m	۴,۶	۱۱,۲	۲۱	۵۰	
		std	۱,۸	۲,۴	۵,۶	۳۴,۶	۱۵۸۴
	۷۹/۴/۱۹ – ۸۶/۱/۱۹	max	۱۲,۵	۱۸,۹	۴۰,۳	۱۸۳	
		min	۰,۷	۳,۳	۱۰,۳	۲۸,۴	

PQ						تعداد نمونه
		st	.	۱	۲	۳	
	کامیون – ۲۶۲۸	n	۱۲۰۱	۲۶۳	۶۵	۵۵	
		m	۲۲,۲	۴۳	۷۱,۶	۱۷۸,۶	
		std	۵,۹	۷,۲	۱۲,۸	۱۰۹,۶	۱۵۸۴
	۷۹/۴/۱۹ – ۸۶/۱/۱۹	max	۴۴	۶۸	۱۱۰	۶۵۴	
		min	۶	۲۹	۵۰	۷۵	

بحث بعدی در مورد نمودارهای توزیع نرمال فراوانی وضعیت‌های عناصر است که در شکل زیر نشان داده شده است. این نمودارها به بررسی توزیع فراوانی مقادیر مختلف عناصر فرسایشی مؤلفه‌های روغن می‌پردازند.

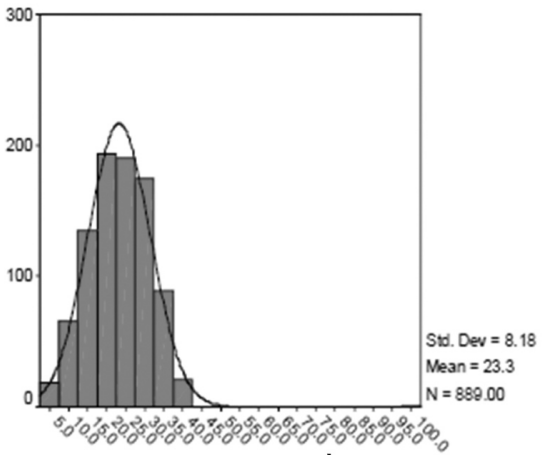
به طور مثال نمودار مربوط به وضعیت عادی آهن نشان می‌دهد، میانگین مقدار ذرات عنصر در ۶۰ نمونه ppm ۱۰ است. همین میانگین در حدود ۱۴۰ نمونه، ppm ۱۵ و در حدود ۲۰۰ نمونه ppm ۲۰ می‌باشد. تعداد نمونه‌هایی که به طور میانگین مقدار ppm ۲۵ را برای عنصر فرسایشی آهن نشان می‌دهند، ۲۰۰ نمونهٔ دیگر است و همان طور که ملاحظه می‌شود کم کم فراوانی میانگینها کاهش یافته و در خصوص میانگین ppm ۳۵ تعداد فراوانی نمونه‌ها به ۹۰ می‌رسد. این افزایش و کاهش در فراوانی هر کدام از میانگینهای مقادیر عناصر فرسایشی کاملاً بر منحنی زنگولهای نرمال منطبق است[۱۵].

این گونه است که ۸۸۹ نمونه با وضعیت عادی در زیر منحنی نرمال قرار می‌گیرند. همان طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، به خوبی با یک مصورسازی مناسب از فراوانی داده‌ها می‌توان تجمع و تمرکز مقادیر عناصر فرسایشی را کشف و بیان نمود.

Cu						تعداد نمونه
		st	.	۱	۲	۳	
	کامیون – ۲۶۲۸	n	۱۵۴۰	۲۷	۱۲	۵	
		m	۱,۸۵	۱۱,۶	۲۵,۲	۸۰,۲	۱۵۸۴
		std	۱,۵	۲,۴	۴,۱	۳۱,۸	
	۷۹/۴/۱۹ – ۸۶/۱/۱۹	max	۱۱,۵	۱۹,۸	۳۱,۹	۱۱۸	
		min	۰	۵	۲۰	۴۲	

Si						تعداد نمونه
		st	.	۱	۲	۳	
	کامیون – ۲۶۲۸	n	۱۱۷۳	۲۵۴	۱۰۴	۵۳	
		m	۷,۸	۱۷,۹	۳۱,۴	۸۰	۱۵۸۴
		std	۳,۱	۳,۵	۶,۸	۷۶,۲	
	۷۹/۴/۱۹ – ۸۶/۱/۱۹	max	۱۹,۶	۲۹	۴۸,۹	۵۴۴	
		min	۱,۴	۱۰,۴	۲۰	۴۰,۳	

vis۴۰						تعداد نمونه
		st	.	۱	۲	۳	
	کامیون – ۲۶۲۸	n	۱۳۳۶	۱۰۰	۱۰۲	۴۶	
		m	۱۳۹,۴	۱۱۵	۸۹	۵۱	۱۵۸۴
		std	۲۲,۷	۴۴,۵	۴۴,۵	۳۱	
	۷۹/۴/۱۹ – ۸۶/۱/۱۹	max	۳۷۰	۲۳۲	۲۲۴	۲۳۸	
		min	۲۹	۶۰	۵۲	۱۴	



شکل ۱ نمودار توزیع فراوانی وضعیت عادی آهن[۱۵]

این نمودار به خوبی می‌تواند این موضوع را نشان دهد که تحلیل‌گر محترم آزمایشگاه، به بازهٔ ppm ۰ تا ppm ۳۵ در خصوص عنصر فرسایشی آهن، وضعیت عادی را اطلاق کرده است.

در مورد سایر عناصر فرسایشی و مؤلفه‌های روغن نیز همین گونه

می‌توان بررسی کرد و بازه‌ها و حدود بالا و پایین را استخراج نمود که به عنوان مثال در جدول زیر شاخصهای خط مبنا برای مولفه‌های روغن در وضعیت‌های متفاوت آورده شده است. به کمک این جدول محدودهٔ تغییرات غلظت برای چهار حالت عادی، مرزی، مرزی غ ق ق و بحرانی نشان داده شده است.

جدول ۴ مقادیر شاخصهای خط مبنا، در وضعیت‌های مختلف[۱۵]

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
فرسایشی آهن
آهن – Fe
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۴۰۰	۱۰۰	۵۵	۳۵
حد میانه		۱۶۲	۷۶	۴۳	۲۳
حد پایین		۱۰۰	۵۵	۳۵	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
فرسایشی سرب
سرب – Pb
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۱۰۰	۳۰	۱۶	۷
حد میانه		۶۳	۲۳	۱۱	۳
حد پایین		۳۰	۱۹	۸	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
فرسایشی مس
مس – Cu
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۱۲۰	۳۵	۲۰	۵
حد میانه		۸۰	۲۵	۱۱	۲
حد پایین		۴۰	۲۰	۹	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
فرسایشی کروم
کروم – Cr
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۱۸	۱۲	۹	۲٫۵
حد میانه		۱۵	۸	۴	۰٫۸
حد پایین		۱۳	۶	۳	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
فرسایشی سیلیسیم
سیلیسیم – Si
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۱۴۰	۴۸	۲۲	۱۴
حد میانه		۸۰	۳۱	۱۸	۷
حد پایین		۵۰	۲۳	۱۵	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
فرسایشی آلومینیوم
آلومینیوم – Al
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۹۰	۳۰	۱۵	۸
حد میانه		۵۰	۲۱	۱۱	۴٫۶
حد پایین		۳۲	۱۶	۸٫۵	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
PQ
ذرات درشت آهن – PQ
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

سطح کنترل		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا	PPM	۳۰۰	۹۰	۵۵	۳۴
حد میانه		۱۷۸	۷۱	۴۳	۲۲
حد پایین		۱۰۰	۵۶	۳۵	۰

مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
آلودگی آب
آلودگی آب
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا		۰٫۰۱	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۱
حد میانه		۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۳۴	۰٫۰۰۱۴	۰٫۰۰۰۵
حد پایین		۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۱	۰

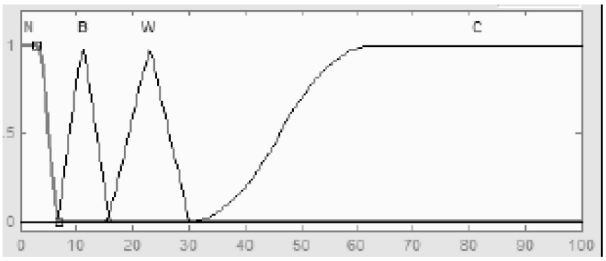
مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف
TBN
خاصیت قلیایی – TBN
تعداد نمونه= ۱۵۸۴

		بحرانی (۳)	مرزی غ ق ق (۲)	مرزی (۱)	عادی (۰)
حد بالا		۲	۴	۷	۱۴
حد میانه		۱	۳	۵	۸
حد پایین		۰	۲	۴	۷

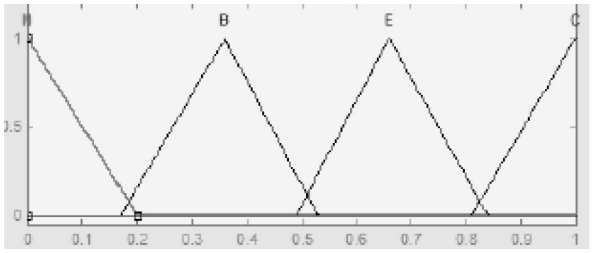
مقادیر شاخص‌های خط مبناء در وضعیت‌های مختلف

سطح کنترل	تعداد نمونه= ۱۵۸۴	مولفه‌های گرانروی گرانروی – Vis۴۰			
		عادی (۰)	مرزی (۱)	مرزی غ ق ق (۲)	بحرانی (۳)
حد بالا	سانتی استوک	۱۷۰	۱۷۵–۲۱۰	۲۱۰–۲۲۵	۲۲۵–۲۵۰
حد میانه		۱۴۰	----	----	----
حد پایین	CST	۱۰۰	۸۵–۱۰۰	۶۰–۸۵	۲۰–۶۰

اکنون پس از مشخص نمودن محدوده‌ها، با کمک حدود بالا، میانه و پایین توابع تعلق رسم شده‌اند. شکل این توابع برای ورودیها در ابتدا و انتها به صورت Z شکل و S شکل و در مابقی مثلثی انتخاب گردیده است. در مورد خروجیها نیز از توابع مثلثی استفاده شده است. به عنوان نمونه توابع تعلق برای آهن در شکل ۲ و توابع تعلق برای موتور در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۲ توابع تعلق آهن



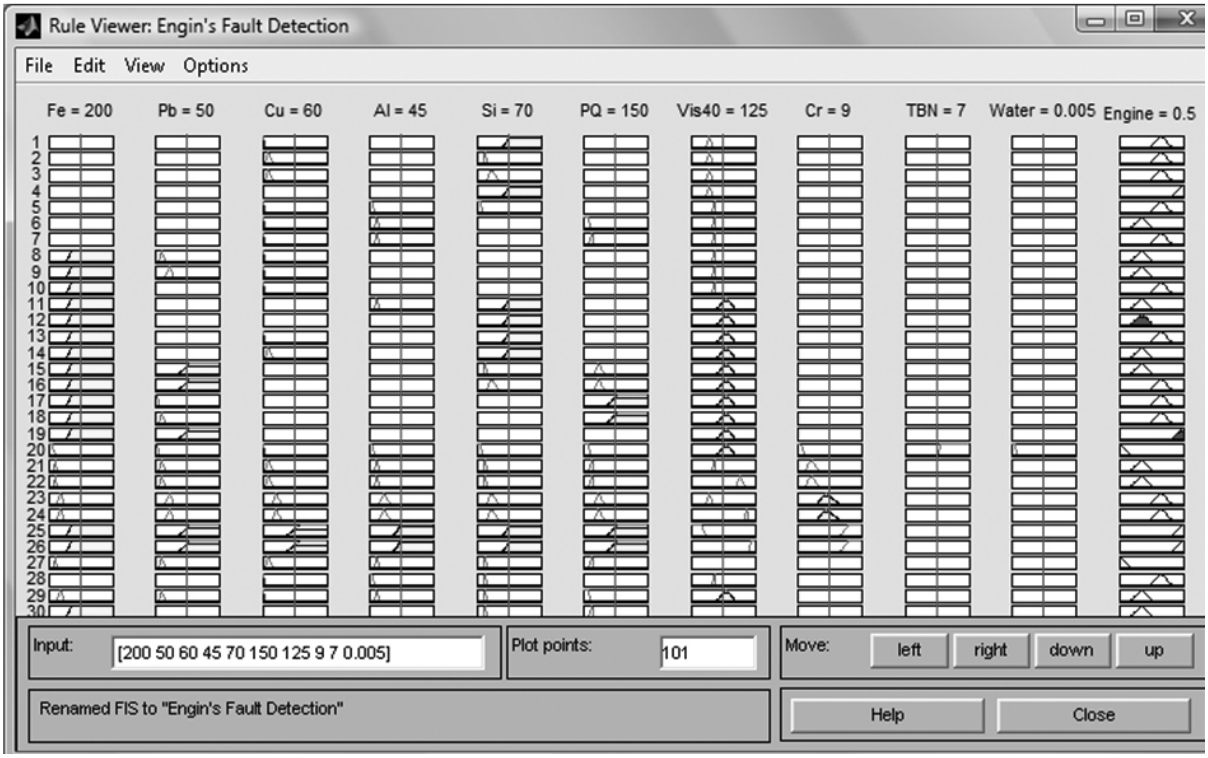
شکل ۳ توابع تعلق موتور

۳-۲-۳ مرحلهٔ استنتاج

در مرحلهٔ استنتاج، تعدادی قاعدهٔ فازی به وجود می‌آوریم. هر قاعدهٔ فازی شامل دو قسمت است، یک قسمت مقدمه به صورت اگر و یک قسمت نتیجه به صورت آنگاه می‌باشد. این قوانین به کمک اطلاعات استخراج شده از برگه‌های تحلیل روغن و تجربهٔ شخص خبره تعیین شده‌اند که شامل ۳۶ قانون است که ۱۰ قانون آن به عنوان مثال در پیوست آورده شده است.

۳-۲-۴ مرحلهٔ غیر فازی سازی

در مرحلهٔ غیر فازی سازی با توجه به سطحی که در مرحلهٔ استنتاج بدست آمده است مقداری حقیقی برای خروجی بدست می‌آوریم. بدین معنی که می‌توان با دادن مقادیر به ورودیها مقدار خروجی که همان وضعیت نهایی موتور است را بدست آورد. در نتیجه با انجام آزمایش تحلیل روغن و پی بردن به مقادیر مولفه‌های روغن می توان در هر حالت وضعیت نهایی موتور را پیش بینی نمود برای مثال همان طور که در شکل ۴ دیده می‌شود با دادن مقادیر (۰,۰۰۵ – ۷ – ۹ – ۱۲۵ – ۱۵۰ – ۷۰ – ۴۵ – ۶۰ – ۵۰ – ۲۰۰) به مؤلفه‌های ورودی که به ترتیب نمایان‌گر مقادیر آهن، سرب، مس، آلومینیوم، سیلیسیم، شاخص درشتی ذرات آهنی، گرانروی، کروم، عدد بازی، آب و آلودگی موتور است عدد ۰,۵ برای خروجی بدست آمده که با توجه به محدوده‌های تعریف شده در قسمت توابع تعلق برای موتور (شکل۳)، بیان‌گر وضعیت مرزی موتور می‌باشد.



شکل ۴ خروجی‌های حاصل از برنامهٔ فازی

٤- نتیجه‌گیری

برخی از دستاوردها و نتایج کلی این کار تحقیقی را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

• وضعیت کلی فرسایش موتور خودروی مورد نظر بررسی شده است، از این رهگذر یک ارزیابی کلی از وضعیت فرسایشی بدست آمده و امکان بهره‌برداری از نتایج حاصله به منظور اصلاح و یا اعمال دقت در برنامهٔ CM خودروها به وجود آمده است.

• با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق، شاخصهای فرسایشی موتور برآورد و مورد بررسی قرار گرفته است.

• انجام تحقیقاتی نظیر این، کمک مؤثری به شناخت رفتار فرسایشی ماشینها و ارزیابی نتایج تحلیل روغن آن‌ها می‌نماید. در این صورت قدرت تحلیل نتایج افزایش یافته و اجرای برنامه‌های CM بهینه و مؤثرتر خواهد شد.

• نتایجی که در چهارچوب اهداف پیش بینی شدهٔ تحقیق بدست آمده بسیار جالب، مفید و مؤثر بوده و می‌تواند به عنوان یک معیار و شاخص علمی و کاربردی در جهت ترویج، توسعه و بکارگیری فنآوری CM در سطح موتورهای دیزلی بکار برده شود.

• پس از انجام مراحل توضیح داده شده در بالا، به نوشتن برنامهٔ فازی پرداخته شده است. با توجه به نتایج این برنامه، تحلیل‌گر می‌تواند با تغییر مقادیر عناصر فرسایشی و مؤلفه‌های روغن میزان تغییر در وضعیت موتور را مشاهده نماید. در نتیجه می‌تواند شرایط مختلف را تحلیل نموده و در هر مورد به نحو مقتضی تصمیم گیری نماید.

• به منظور امتحان عملکرد صحیح برنامهٔ فازی در مورد بررسی پایش وضعیت از اطلاعات موجود در برگه‌های آنالیز روغن با در نظر گرفتن تجربهٔ افراد خبره کمک گرفته شده است. این گونه که این اطلاعات را در برنامهٔ فازی وارد کرده و نتیجهٔ بدست آمده با نتیجهٔ برگهٔ آنالیز روغن مقایسه می‌گردد. این صحه گذاری برای ۴۰ دادهٔ دیگر نیز با انجام رسید و به همان نتایج برگه‌های آنالیز روغن منتهی شد که این امر نشان از صحت برنامهٔ نوشته شده دارد. پس با کمک این برنامه می‌توان تا حد زیادی از بروز خسارات جلوگیری نمود.

• از آن جا که همیشه فرد مجرب در دسترس نیست این نرم افزار می‌تواند عامل انسانی با تجربه را حذف نماید. همچنین اشتباهات سهوی که از افراد با تجربه نیز گاهی سر می‌زند در این نرم افزار دیگر وجود نخواهد داشت.

• می‌توان با افزودن یک شبکه عصبی به این سیستم فازی و استفاده از سیستم یادگیری هم زمان، پایگاه دانش برنامهٔ فازی را پس از هر بار استفاده از برنامه، افزایش داد. بدین ترتیب سیستم فازی همواره در حال یادگیری است و خطای سیستم نیز بهینه خواهد شد.

پیوست

در این قسمت تعدادی از قوانین فازی آورده شده است که وضعیت موتور را با توجه به مولفه‌های روغن تخمین می‌زند. به عنوان مثال قانون اول بیان‌گر این مطلب می‌باشد که اگر وضعیت مس عادی و سیلیسیم بحرانی و گرانروی هشدار باشد آنگاه موتور مستلزم رسیدگی سریع است.

1. IF (Cu is N) and (Si is C) and (Vis40 is Wlow) then (Engine is E)
2. IF (Cu is B) and (Si is B) and (Vis40 is Wlow) then (Engine is E)
3. IF (Si is C) and (Vis40 is Wlow) then (Engine is C)
4. IF (Fe is C) and (Pb is C) and (Vis40 is N) then (Engine is C)
5. IF (Fe is C) and (Pb is N) and (PQ is C) and (Vis40 is N) then (Engine is E)
6. IF (Fe is N) and (Pb is N) and (Cu is N) and (Al is N) and (Si is N) and (PQ is N) and (Vis40 is N) and (Cr is N) and (TBN is N) and (Water is N) then (Engine is N)
7. IF (Fe is W) or (Al is W) or (Si is W) or (PQ is W) then (Engine is B)
8. IF (TBN is W) or (Water is B) then (Engine is B)
9. IF (Fe is C) and (Pb is B) and (PQ is C) and (Vis40 is N) then (Engine is E)
10. IF (Fe is B) or (Pb is B) or (Cu is B) or (Al is B) or (Si is B) or (PQ is B) then (Engine is N)

Refrences

1- http://www.artec.ir/UI/Action/Engineering/CM.aspx.
2- Degaspari, J. 1999. Recording oils vital signs. Mechanical Engineering, Vol.121. Issue5. p.54. 3p. 2c.
3- Troyer, D. Why oil analysis should be performed on site. Noria Corporation, Oil analysis.com, 1998.
4- http://www.cbmschool.com/cm_techs.php?p=oil.
5- Soliman, A., G., Rizzoni and Y.W., Kim. 1999. Diagnosis of an automotive emission control system using fuzzy inference. Control engng practice, 209 – 16.
6- Laukonen, E.G., K.M., Passino, V., Krishnaswami, G.C., Luh, and G., Rizzoni. Fault detection and isolation for an experimental internal combustion engine via fuzzy identification. IEEE trans. control systems technol., 1995, 3(3), 347 – 355.
7- Kilagiz, Y., A., Baran, Z., Yildiz and M., Cetin. 2005. A fuzzy diagnosis and advice system for optimization of emissions and fuel consumption. Expert systems applic., 28, 305 – 311. [8]Rauma, T., M., Kurki and P., Alahuhta. 1996. An approach of using fuzzy logic in fault diagnosis. In Proceedings of the fourth European congress on Intelligent techniques and soft computing (EUFIT ’96), Part 3, pp.1909 – 1913 (Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen).
9- Isermann, R. 1998. On fuzzy logic applications for automatic control. supervision, and fault diagnosis. IEEE trans. systems, man. cybernetics. Part A: systems humans, 28(2), 221 – 235.
10- Comly, J.B., P.P., Bonissone and M.E, Dausch. 1991. Fuzzy logic for fault diagnosis. Proc. SPIE, 1381, 390 – 400.
11- Lu, Y., T.O., Chen and B.A., Hamilton.2000. fuzzy system for automotive fault diagnosis: fast rule generation and self-tuning. IEEE trans. vehicular technol., 49(2), 651 – 660.
12- Ozogan, M.S, A.L., Khalil and P.S., Katsoulakos. 1989. Tribological failure detection and condition monitoring for diesel engines. Nordic symposium on tribology, Trondheim. Norway. Wear. 130 189 – 201.
13- Verdegan, B.M., L., Thibodeau and S.L., Fallon. 1998. Lubricating oil condition monitoring through particle size analysis. SAE paper, No.881824.
14- http://www.microrayaneh.com/Articles/Public/Fuzzy-Logic.htm.
15- A. Memariani, S. Ramezani, “Data Mining in Determining the Baselines of Diagnosis in Oil Analysis” Journal of Supply Chain Management, No. 27, pp. 74-84, 2009.

Condition Monitoring of Diesel Engine via Oil Analysis Using Fuzzy Logic

D. Alizadeh*
MSc. Student university of Tehran - College of Agriculture
dina_alizadeh@ yahoo.com

H. Ahmadi
Professor of university of Tehran - College of Agriculture
Hjahmadi@ut.ac.ir

***Corresponding Authors**
Received: Jan. 28, 2010
Accepted in Revised Form: Mar. 16, 2010

Abstract

Every industrial company will confront unforeseen and high expenses if there is not a plan for machinery maintenance. In such cases, spare part expenses and outcome decrease due to machinery stop are two main obstacles which hinder a company's progress. Today, condition monitoring technology via oil analysis has been known as an effective method in determining abnormal wear or faults in instruments and mechanical systems. In this study, condition monitoring via oil analysis as a maintenance procedure as well as a method for applying this way in an affective CM plan have been introduced. Thus, wear pattern in diesel engine has been studied. A logical relation among engine state and wear particles such as Fe, Al, Cr, Pb, Cu, Si, Vis40, PQ, TBN and water contamination in oil analysis report will be drawn. As a sample, oil analysis reports of a Benz 2628 vehicle have been analyzed. Recognizing the logical relation between oil analysis report and engine part failures can be written in the form of fuzzy rules such as an expert knowledge. Finally, diesel engine failures will be predicted by this fuzzy program.

Keywords: Maintenance, Condition Monitoring, Oil Analysis, Base Line, Fuzzy Logic