



طراحی سیستم فازی تشخیص عیب هوشمند ماشینهای فرز

مهدی حاجیان، نصرت الله صلح جوئی، علیرضا حاجیان

۱- دانشجوی مقطع دکتری مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان،

Eng_hajian@yahoo.com

۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف

solhj@pci.iaun.ac.ir، آباد،

۳- استادیار، رئیس دانشکده مهندسی هسته ای و علوم پایه، دانشگاه آزاد

اسلامی واحد نجف آباد، a.hajian@iaun.ac.ir

چکیده:

در این مقاله یک سیستم برای تشخیص عیب هوشمند دستگاههای فرز که دارای محرک الکتریکی بوده و مجهز به سیستم های روغنکاری می باشند ارائه می گردد. در این سیستم فازی دمای روغن (بر حسب درجه سیلسیوس) و میزان ارتعاشات (بر حسب دسی بل) و توان الکتریکی (بر حسب کیلو وات) به عنوان سه پارامتر ورودی می باشند، که با استفاده از وضعیت این ورودیها، ماشین عیب یاب، عیب را به صورت online گزارش می کند. در این تحقیق پس از تهیه قوانین فازی و دسته بندی آنها تعداد قوانین فازی موجود به ۱۰ قانون فازی بهینه سازی شده که باعث افزایش سرعت در محاسبات گردید. از مهمترین مزیت روش ارائه شده دقت بالا در تعیین عیوب ماشین و اتوماتیک بودن روش می باشد که در مجموع باعث عمر مفید دستگاه و جلوگیری از صدمات بزرگ به ماشین می باشد و در نهایت باعث کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات دستگاه می گردد.

کلمات کلیدی: ماشینهای فرز، تشخیص عیب، سیستم فازی

۱- مقدمه

پایش وضعیت دستگاه ماشینهای دوار همواره بعنوان یکی از کاراترین روشها برای ارزیابی شرایط دستگاه قلمداد می شود.

اخیرا پیشرفت میکرو پروسورها (ریز پردازنده ها ۲) و بتبع آن پیشرفت فناوری تجزیه و تحلیل سیگنالها به رشد و توسعه سیستمهایی منجر شد

قرار میگیرند. این سیستمها هم اکنون استفاده گسترده ای در دستگاههای پیشرفته دارند و وضعیت بازارشان می دهد که رشد روزافزونی را هم در پیش رو خواهند داشت. سیستمهای قدیمی عیب یاب تنها قادر بودند که تغییرات سطح و الگوهای نوسان (لرزش) ماشین رانشان دهند اما نمی توانستند دلایل این تغییرات را مشخص نمایند [۱].

اولین بار سیستم عیب یاب ماشینهای دوار در دهه ۱۹۸۰ بر روی دستگاه دوار مدل ۴۳۰۱ در موسسه اینسترون ۳ با موفقیت تست گردید. با پیشرفت فناوری تجزیه و تحلیل سیگنالها سیستمهای عیب یابی ماشینهای دوار نیز روز به روز گسترش پیدا کرد [۱].

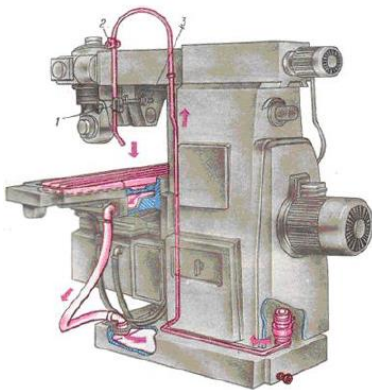
نسل جدید سیستمهای عیب یابی ماشینهای دوار با استفاده از تجزیه و تحلیل نوسان دستگاه به همراه شرایط پایش مدرن و روشهای عیب یابی و پردازش داده ها توسط میکرو پروسورها عیب را شناسایی می کنند. اما در سالهای اخیر ساختار سیستمهای عیب یابی هم چنان پیشرفت نموده و سیستم عیب یابی از راه دور از آخرین دستاوردهای پیشرفت تکنولوژی در صنعت می باشد. از این رهگذر نرم افزارهای مختلفی قدم در عرصه صنعت گذاشتند که وظیفه آنها ارسال داده ها پردازش و نمایش آنها برای کاربر می باشد. این داده ها آنالیز شده و عیب دستگاه توسط متخصص مشخص می شود. به عبارت دیگر پس از بدست آوردن داده هایی از شرایط دستگاه نیاز است تا یک متخصص این داده ها را پردازش نموده و خطای دستگاه را گزارش نماید [۱].

در دستگاه طراحی شده در این مقاله با فواصل زمانی مشخص و بسیار نزدیک به هم دائماً توسط سنسورهایی دادهای توان الکتریکی، دمای روغن و میزان ارتعاش از دستگاه فرزندریافت می گردد. این دادهها به عنوان ورودی سیستم عیب یاب فازی دستگاه وارد سیستم فازی شده و با توجه به توابع فازی تعریف شده شرایط دستگاه حاصل می گردد. که با توجه به این امر و قوانین فازی تعریف شده سیستم عیب یاب وضعیت موتور را به عنوان خروجی گزارش می نماید.

۲- منطق فازی و سیستمهای کنترل فازی

با ظهور منطق فازی (که منطق خاکستری نیز از آن یاد می شود) در مقابل منطق ارسطویی یا منطق سیاه-سفید، تحول عظیمی در هوش مصنوعی صورت پذیرفت. این روش اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط یک دانشمند ایرانی الاصل دانشگاه برکلی کالیفرنیا به نام پروفسور لطفی عسگرزاده که در متون تخصصی فازی از ایشان به نام پروفسور زاده یاد میشود، ارائه شد. در آن زمان مخالفان زیادی با این نظریه وجود داشت که از جمله سرسخت

ارتعاش برای اطمینان از صحت عملکرد ماشین مهم است، از این رو با استفاده از سنسورهای خاص آنها را اندازه گیری و مانیتور می کنند. برای این اساس می توان سیستم فازی طراحی نمود که عیب ماشین فرزکاری را به صورت online گزارش کند.



شکل ۲- یک نمونه دستگاه فرزکاری به همراه موتور الکتریکی دوار و سیستم روغنکاری ورودی های سیستم تشخیص عیب هوشمند در این تحقیق عبارتند از:

- توان الکتریکی ورودی بر حسب کیلووات (KW)

- دمای روغن بر حسب درجه سلسیوس (Degree C)

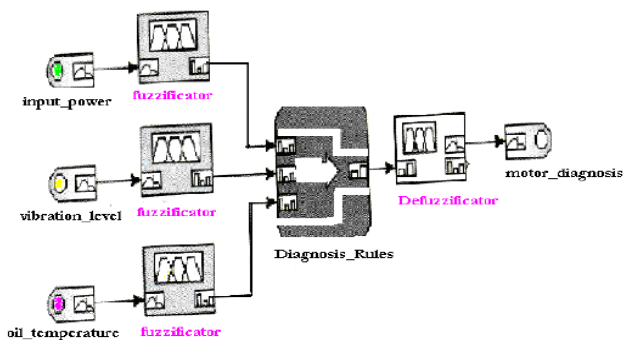
- میزان ارتعاش بر حسب دسی بل (dB)

و علاوه بر آن خروجی سیستم فازی عبارتست از:

- وضعیت موتور که نشان دهنده کارکرد سالم و یا عیب موجود در سیستم می باشد

۳- استخراج قوانین فازی جهت تشخیص عیب دستگاه فرز

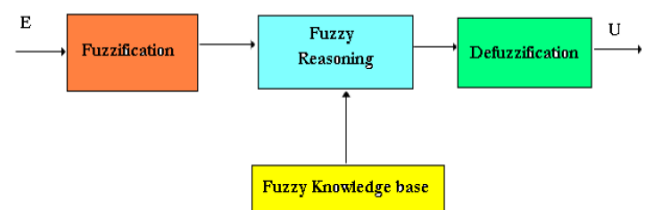
به منظور پیاده سازی نرم افزاری در این تحقیق از نرم افزار FuzzyTech ورژن 5.81d استفاده گردید [۵]. شماتیک کلی سیستم فازی عیب یاب هوشمند در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- شماتیک سیستم فازی تشخیص عیب دستگاه دوار فرز

ترین آنها دانشمندان ژاپنی بودند پس از گذشت چند سال و مباحث متعددی که در این زمینه صورت گرفت اما بتدریج ژاپنی ها از این منطق بهره گرفتند و هم اکنون قسمت عظیمی از دستگاه های مکانیکی، کنترلی و بسیاری دیگر از این جمله را با استفاده از منطق فازی طراحی و می سازند [۲]. اگرچه تا حدود یکی دو دهه پیش، مبحث فازی با مخالفت آشکار و سخت جمع کثیری از دانشمندان و ریاضی دانان و مهندسان روبه رو بود، با پیدایش کاربردهای عملی منطق فازی و آشنایی و شناخت بیشتر جهان علم با مفاهیم فازی به تدریج این مخالفتها به تحسین و تشویق بدل شد. اکنون پس از گذشت چندین دهه هنوز هم کاربردهای نوین و نوآورانه ای از تلفیق منطق فازی با سایر الگوها و الگوریتمهای هوشمند ارایه میگردد و یک حوزه کاملا پویا در بحث هوش مصنوعی میباشد، به طوری که هم اینک سالانه بیش از دویست کتاب و تعداد کثیری مقاله فازی در همایشهای مختلف علمی در سراسر جهان ارایه می شود [۳].

یکی از اصلی ترین کاربردهای منطق فازی، در سیستمهای کنترل صنعتی است. همان طور که مغز انسان در امور روزمره بر اساس شرایط اگر... آنگاه... تصمیم گیری می کند و بر اساس آنها اقداماتی را انجام می دهد، می توان این نحوه کار را در سیستمهای صنعتی نیز پیاده سازی کرد و بر اساس آن سیستم مورد نظر را کنترل کرد. بلوک دیاگرام سیستم کنترل فازی در شکل ۱ نشان داده شده است [۴].



شکل ۱. شماتیک کلی سیستم کنترل فازی

همان طور که در شکل دیده می شود در یک سیستم کنترل فازی یک لوپ کنترلی داریم که در آن رابطه بین ورودی فازی E و خروجی U پایگاه دانش فازی (بر اساس قوانین If-Then) می باشد. بنابراین برخلاف لوپ PID در اینجا هیچ رابطه و معادله ریاضی حاکم نیست. از این رو برای سیستم های چندمتغیره غیرخطی که رابطه بین ورودی و خروجی آنها به صورت ریاضی به راحتی قابل توصیف نیست، روش فازی از روش مرسوم PID بهتر است. در اکثر صنایع تجهیزاتی استفاده می شود که دارای محرک الکتریکی بوده و مجهز به سیستم های روغنکاری می باشند. یک نمونه از آنها، ماشینهای فرز می باشند که یک نوع متداول آن در شکل ۲ نشان داده شده است. در این سیستم های دوار کنترل دمای روغن و کنترل میزان

جدول ۱- قوانین فازی تشخیص عیب دستگاه فرز

IF			THEN
Input power	vibration Level	Oil Temperature	MOTOR Condition
Small	Small	Small	Good
Small	Medium	Small	Imbalance
Small	Large	Small	Imbalance
Large	Small	Small	Good
Large	Medium	Small	Good
Large	Large	Small	Imbalance
Small	Small	Medium	Good
Small	Medium	Medium	Faulty - bearing
Small	Large	Medium	Faulty - bearing
Large	Small	Medium	Good
Large	Medium	Medium	Good
Large	Large	Medium	Faulty - bearing
Small	Small	Large	Imbalance
Small	Medium	Large	Faulty - bearing
Small	Large	Large	Faulty - bearing
Large	Small	Large	Imbalance
Large	Medium	Large	Imbalance
Large	Large	Large	Faulty - bearing

جدول ۲- قوانین فازی تشخیص وضعیت ارتعاش با Vibration

IF		THEN
Input - power	Vibration - Level	Vibration - diagnosis
Small	Small	Acceptable
Small	Medium	unacceptable
Small	Large	unacceptable
Large	Small	Acceptable
Large	Medium	Acceptable
Large	Large	unacceptable

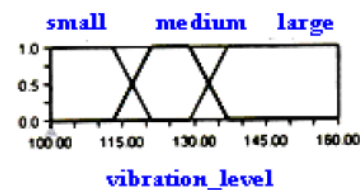
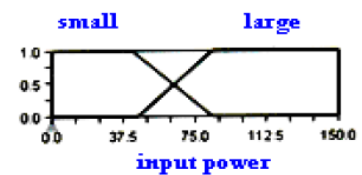
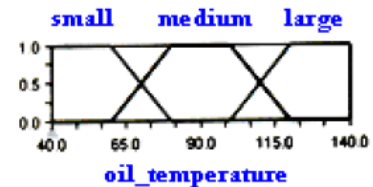
در طراحی سیستم های کنترل فازی به منظور بهینه سازی سرعت تصمیم گیری فازی سعی می شود پس از تعیین قوانین فازی آنها را بررسی و بازنگری و سیستم را تا آنجا که امکان دارد ساده سازی نمایند. مانیز در اینجا پس از بررسی دیاگرامهای فازی و آنالیز گروهی آنها به ساده سازی قوانین فازی پرداخته و به قوانین فازی بهینه شده دست یافتیم که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- قوانین فازی ساده شده جهت تعیین وضعیت موتور

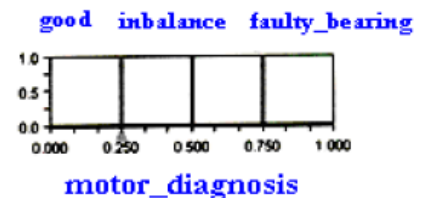
IF		THEN
Input - power	Vibration - Level	Vibration - diagnosis
Acceptable	Small	Good
unacceptable	Small	Imbalance
Acceptable	Medium	Good
unacceptable	Medium	Faulty - bearing
Acceptable	Large	Imbalance
unacceptable	Large	Faulty - bearing

دیاگرام فازی طراحی شده سیستم هوشمند تشخیص عیب در شکل ۶ نشان داده شده است.

توابع عضویت ورودی هابراساس محدوده مجاز برای هر کدام از متغیرهای ورودی و خروجی محاسبه گردید که در شکل های ۴ و ۵ نشان داده شده است.



شکل ۴- توابع عضویت متغیرهای ورودی (دمای بر حسب درجه سلسیوس، توان بر حسب کیلووات و ارتعاشات بر حسب دسی بل)



شکل ۵- تابع عضویت خروجی (وضعیت دستگاه از دیدگاه فازی سطح عیب)

قوانین فازی تشخیص عیب براساس درجه عضویت متغیرهای ورودی و خروجی بنا نهاده می شوند که از متغیرهای فازی شده درجه حرارت و روغن، توان مورد استفاده موتور و سطح ارتعاشات، درجه عضویت متغیر خروجی، تعیین شده و در نتیجه در مورد وضعیت دستگاه فرز از لحاظ کارکرد مناسب و یا وجود عیب، خروجی مناسب هوشمندانه تشخیص داده می شود. این قوانین فازی در کل ۱۸ قانون هستند که در جدول ۱ لیست شده اند.

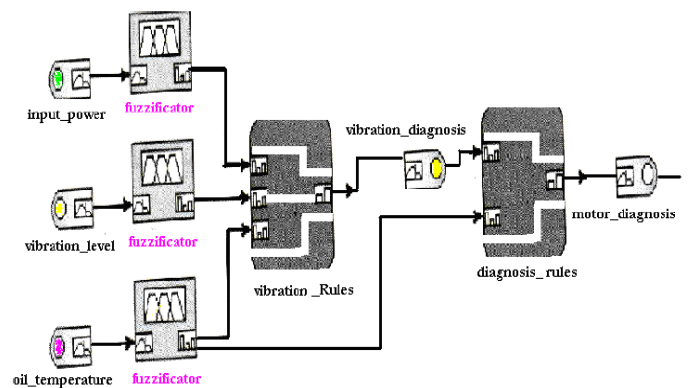
با آنالیز قوانین فازی می توان آنها را دسته بندی و به شکل خلاصه تری نیز پیاده سازی نمود. با استفاده از توان ورودی و میزان ارتعاش می توان ابتدا وضعیت Vibration را تعیین نمود (جدول ۲).

[2] T.J.Ross, 2005, "Fuzzy logic with engineering application", Wiley publication, p125-129.

[۳] ترجمه غفاری، علی، و همکاران، نوشته بارت کاسکو، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۰، صفحه ۱۸۹-۱۸۵

[۴] ماهر، محمدرضا، آقاجری، غلامرضا، پیاده سازی منطق فازی در PLC، انتشارات نگارنده، ۱۳۸۸، صفحه ۳۱۲-۲۲۹

[5] www.Fuzzytech.com



شکل ۶- دیاگرام سیستم فازی بهینه جهت تشخیص هوشمند عیب دستگاه فرز

همان طور که در شکل ۶ مشاهده می شود سیستم ابتکاری تشخیص عیب دستگاه فرز، ورودی های دما، توان و سطح ارتعاشات دستگاه که فازی نیستند را فازی می نماید و سپس بر اساس متغیرهای فازی بدست آمده قوانین فازی در جداول ۲ و ۳ طراحی گردیده شده است، هوشمندانه عیب دستگاه را در صورت وجود تشخیص می دهد. از مهمترین مزیت این روش ارائه شده ساده بودن سیستم کنترلی برخلاف پیچیدگی سیستم های کنترلی رایج نظیر PID می باشد و فهم آن به مراتب راحت ترمی باشد. همچنین در این روش تعداد قوانین فازی را بهینه سازی نموده ایم به طوری که تعداد قانونها از ۱۸ به ۷ کاهش پیدا کرده است که در نتیجه تعداد محاسبات فازی کاهش یافته و عمل تصمیم گیری فازی تا حدود زیادی سریع تر انجام می گیرد.

۴- نتیجه گیری

در سیستم فازی تشخیص عیب دستگاه فرز، دمای روغن (برحسب درجه سلسیوس) و میزان ارتعاشات (برحسب دسی بل) و توان الکتریکی (برحسب کیلووات) ورودی به عنوان سه پارامتر ورودی دریافت و سپس فازی سازی می شوند. در مرحله بعد بر اساس یک سری قوانین فازی اگر-آنگاه عیب دستگاه تشخیص داده می شوند. به منظور افزایش سرعت سیستم طراحی شده، پس از تهیه کردن قوانین فازی و دسته بندی آنها تعداد قوانین فازی موجود به ۷ قانون فازی بهینه سازی شد که باعث افزایش سرعت در محاسبات گردید. از مهمترین مزیت روش ارائه شده دقت بالا در تعیین عیوب ماشین و هوشمند بودن روش می باشد که در مجموع باعث افزایش عمر مفید دستگاه و جلوگیری از صدمات بزرگ به ماشین می گردد.

۵- مراجع

[1] Volkavas V. 2001 "Development and application of vibroacoustic diagnostics and condition monitoring methods in Lithuania" Insight ASSN1354-2575. BINDT, 6(43). P.376-380.