پایش وضعیت مکانیزم نگهدارنده کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ به کمک آنالیز ارتعاشی و ANFIS

ابراهیم ابراهیمی[۱]*، مجتبی باوندپور[۱]، نصراله آستان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۲۹۳/۲/۲۳

چکیده

در این تحقیق سیستم استنتاج تطبیقی فازی (ANFIS) به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم گیری برای بررسی تشخیص عیوب مکانیزم نگهدارنده کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ اعمال گردید. شرایط مکانیزم نگهدارنده شامل حالت سالم، خرابی رولبرینگ، خرابی کاسه نمد و ساییدگی محور بود. آزمایشات در سه دور۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه و دو وضعیت مختلف نصب سنسور به صورت عمودی و افقی انجام گرفت. طیف ارتعاشی حوزه زمان و فرکانس از داده های ارتعاشی به دست آمد. سی و سه پارامتر آماری از سیگنال های ارتعاشی در حوزه ی فرکانس و زمان به عنوان منابع ویژگی ها به منظور تشخیص عیوب انتخاب شدند. پس از اعمال فیلترینگ ویژگی ها نهایتاً سه ویژگی برتر به عنوان بردارهای ورودی به ANFIS بررسی شد. اعتبار عملکرد سیستم با اعمال مجموعه داده های آزمایشی و آموزشی پس از محاسبه پارامتر های آماری در مدل ANFIS به دست آمد. سیستم ارائه شده به خوبی نتوانست عیب مربوط به کاسه نمد را تشخیص دهد. اما بدون در نظر گرفتن داده های ارتعاشی اخذ شده از کاسه نمد در طبقه بندی، دقت طبقه بندی کلی حاصل از ANFIS ، برابر با ۱٤/۹۹ درصد در وضعیت نصب سنسور به صورت عمودی و مقدار ۱۰۰ درصد در وضعیت سنسور به صورت افقی بود. نتایج نشان داد که سیستم حاضر می تواند به عنوان یک سیستم تشخیص عیب هوشمند در عمل مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: عیب یابی، مکانیزم نگهدارنده کلاچ، آنالیز ارتعاش، سیستم استنتاج عصبی- فازی

مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، ماشین آلات و تجهیزات صنعتی روز به روز پیچیده‌تر می‌شوند که به موازات این پیچیدگی حساس‌تر شده و به توجه بیشتری نیاز دارند؛ زیرا آسیب و از کار افتادگی آنها ممکن است هزینه‌های فراوانی در برداشته باشد[۱].

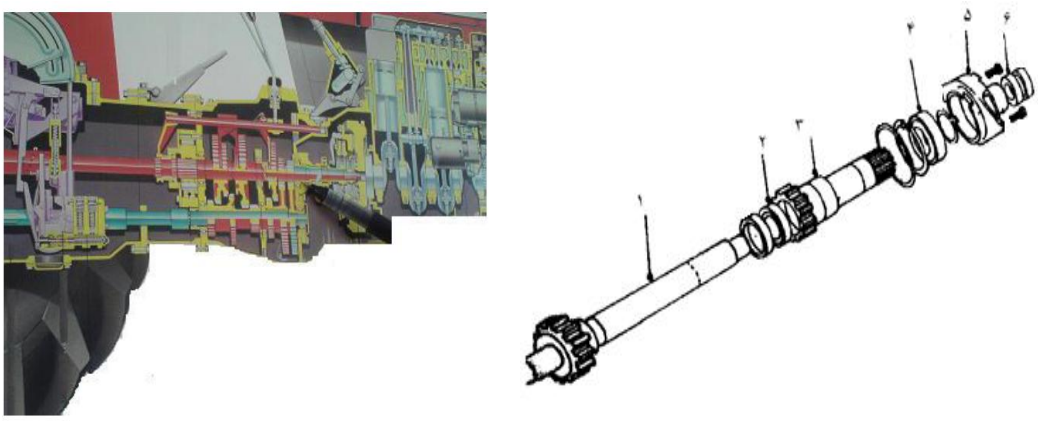
به همین دلیل قابلیت اطمینان، در دسترس بودن و کاهش زمان از کارافتادگی و تعمیرات هرچه بیشتر تجهیزات دارای اهمیت فراوانی است.

پایش وضعیت به عنوان یک روش کارآمد و موثر برای افزایش فاکتورهای اطمینان، سلامت و عملکرد بهینه ماشین‌ها به شدت مورد توجه قرار گرفته است.

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی ،کرمانشاه ، ایران
(* نویسنده مسئول: e.ebrahimi57@gmail)

همچنین تحقیقات فراوانی نیز در زمینه پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌آلات انجام پذیرفته و مقالات بسیاری نیز در این زمینه منتشر شده است. پایش وضعیت به معنای عیب‌یابی و نگهداری از تجهیزات بدون توقف در فعالیت‌های آنان است. به طور کلی این روش بر پایه‌ی داده‌برداری منظم از ویژگی‌های دینامیکی تجهیزات و مقایسه‌ی آنها با حالت سالم خود استوار است. در پایش وضعیت کلاسیک عیب یابی معمولا بر اساس یکی از داده‌های ارتعاشات و یا آکوستیک ترموگرافی و روش‌های دیگر می‌باشد [۲و۳و٤].

در تراکتورهای کشاورزی، بروز شکستگی در اجزای مختلف انتقال نیرو، به دلیل عدم تشخیص بموقع علت و محل آسیب دیدگی و تعمیر یا تعویض قسمت آسیب دیده، موجب اتلاف وقت، هزینه زیادتر برای تعمیر و از دست دادن زمان برای انجام عملیات کشاورزی که غالبا باید بموقع انجام گیرند، می‌شود. آنالیز ارتعاش یک ابزار قوی در تشخیص عیب ماشین است [١٤]. عیب یابی روشی است که با بررسی وضعیت یک ماشین با استفاده از ابزار مخصوص، می توان عیب ماشین را قبل از خرابی بیشتر در آینده، تشخیص داد. امروزه دستگاه های نروفازی بر پایه شبکه‌های تطبیق پذیر با ترکیب های شبکه های عصبی و مدل‌های فازی به وجود آمده است. این شبکه‌ها می را، شبکه های انطباق پذیر بر اساس سیستم های استنتاج فازی ANFIS نامند. در چنین سیستم هایی به وسیله ورودی و خروجی های‌موجود و با کمک دانش بشری، در قالب قوانین اگر- آنگاه فازی برای ورودی دلخواه ، خروجی مطلوب حاصل خواهد شد. برای برخورد با سیستم هایی که عدم یقین دارند و به خوبی تعریف نشده اند مدل کردن سیستم بر پایه ابزار ریاضیاتی معمول و شناسایی مؤلفه، مناسب نیست و در نتیجه سیستم های نروفازی می توانند به کار روند. منطق فازی ابتدا به وسیله ی پرفسور لطفی زاده در سال ۱۹٦۵، توصیف شد [٦]. از جمله تحقیقات انجام شده در خصوص پایش وضعیت ماشین با آنالیز ارتعاشی به کمک منطق فازی و شبکه های عصبی –فازی شامل تشخیص عیب ماشین های دوار[۱۰و ۱۲]، عیب یابی سیستم تعلیق فعال خودرو با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی عملگر هیدرولیکی و ملاحظه اختلال در کنترلر، کنترل یک موتور دستگاه تهویه [۱۳]، تشخیص عیب بلبرینگ‌های ماشین های دوار [٦و۱۰و۱۲]، تشخیص عیب رولبرینگ [١٤]، تشخیص شکست تیر[۷]، تشخیص عیب گیربکس مخروطی [۱۳] و تشخیص عیب بلبرینگ جعبه دنده هلیکوپترNASA از طریق ترکیب آنالیز روغن و ارتعاش [۵] می باشد. تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ ، مجهز به یک کلاچ دو مرحله ای می باشد. در این نوع کلاچ‌ها دو محور کلاچ لازم است. محور اول شبیه محور کلاچ یک صفحه‌ای به صفحه کلاچ اصلی هزارخاری می‌شود ولی دومی که به صورت غلافی روی این محور قرار می گیرد به صفحه کلاچ محور تواندهی هزارخاری خواهد بود. محور حرکت را به جعبه دنده می‌دهد در حالی که غلاف از طریق دو چرخدنده حرکت را به سوی محور تواندهی منحرف می‌کند

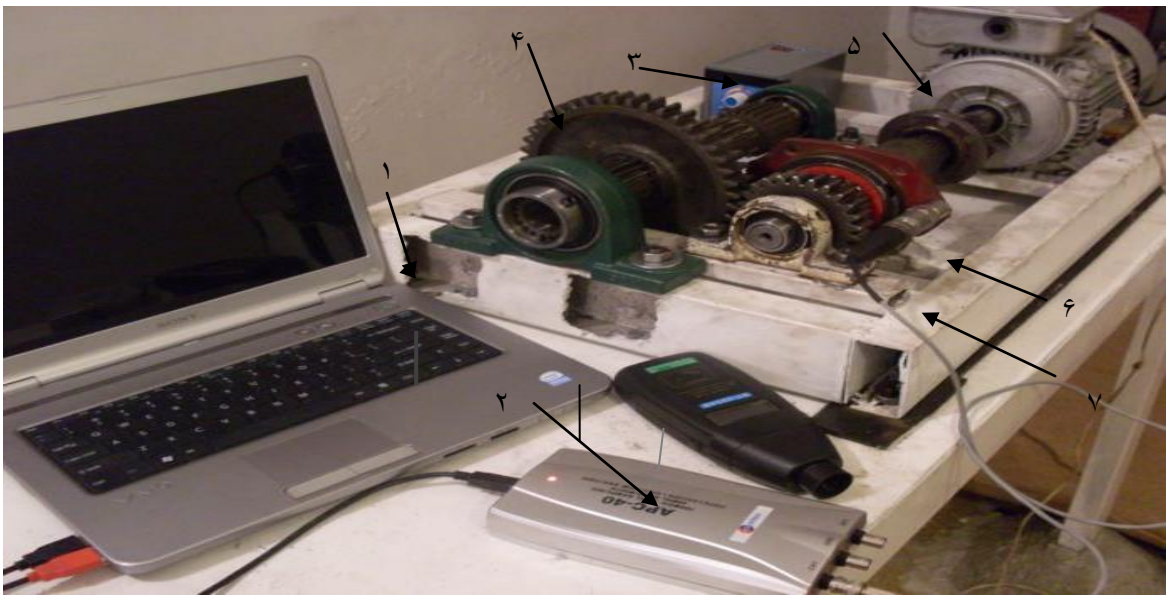


شکل ۱- موقعیت قرار گیری مکانیزم نگهدارنده کلاچ (راست) و قطعات داخلی مکانیزم نگهدارنده کلاچ(چپ)

بروز خرابی در این قسمت در صورت عدم تشخیص بموقع موجب شکستگی در سایر قسمت ها و از جمله گیربکس تراکتور می شود. هدف کلی از انجام این تحقیق، تشخیص هوشمند خرابی برخی قطعات مکانیزم نگهدارنده کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، با دقت بالا می باشد.

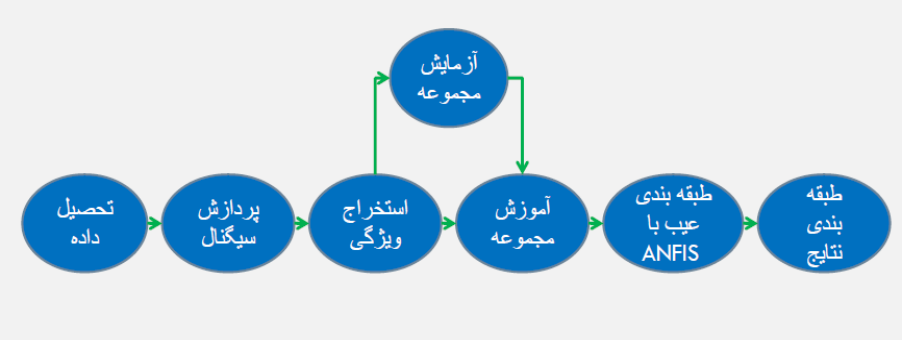
مواد و روش‌ها

روش تشخیص روش کلاسیک برای تشخیص خرابی ها شامل بررسی تغییرات قابل اندازه‌گیری سیستم با توجه به تولرانس مقادیر به دست آمده از پایش وضعیت ماشین با حالت سلامت می باشد. این روش نیازمند حضور یک شخص خبره به منظور اعمال نظر در مورد سلامت یا معیوب بودن ماشین است. در این تحقیق قصد بر آن است که یک سیستم تشخیص عیب هوشمند ارائه گردد به طوریکه این سیستم در دادن تصمیم سریع نسبت به سالم بودن ماشین به شخص خبره کمک نماید. در این تحقیق آزمایشات روی ستاپ آزمایشی مکانیزم نگهدارنده کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ در یک واحد آزمایشگاهی صورت گرفت(شکل ۲).



شکل۲- ابزار و قطعات مورد استفاده در ستاپ آزمایشگاهی.

سیستم‌های هوشمند پایش وضعیت در حالت کلی دارای سه بخش کسب داده، پردازش و استخراج ویژگی ها از سیگنال و دسته بندی عیب می باشد..سیستم ارائه شده برای تشخیص خرابی در شکل ۳ نشان داده شده است شامل مراحل جمع آوری سیگنال‌های ارتعاشی در بخش کسب داده، انتقال داده‌ها از حوزه زمان به حوزه فرکانس در بخش پردازش سیگنال، محاسبه‌ی مهمترین ویژگی های معنی دار در بخش استخراج ویژگی‌ها و در نهایت ورود داده‌ها به ANFIS و کسب نتایج دقت طبقه بندی کلی می‌باشد.



شکل ۳- سیستم ارائه شده برای تشخیص عیب

تحصیل داده

پس از تراز میز کار و مونتاژ قطعات و تامین دور های مختلف از الکتروموتور به وسیله تاکومتر و دیمر ابتدا نسبت به تحصیل داده در دو وضعیت نصب سنسور شتاب سنج و سه دور ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه در وضعیت سالم روی ستاپ آزمایشگاهی اقدام شد. شتاب سنج در دو جهت X و Y روی نگهدارنده اصلی نصب شد.

نرم افزار مورد استفاده نرم افزار ARMA تعداد ۱۰۲٤۰ داده ی ولتاژ را در بازه زمانی ٤ ثانیه بر مبنای تنظیمات صورت گرفته، در یک فایل Excel ثبت و ذخیره می کرد. داده برداری برای هر نمونه طی مدت زمان ۱۰ ثانیه صورت گرفت. تعداد کل حالت‌های آزمایش مطابق جدول ۱ تعداد ۲٤ حالت و تعداد داده های ارتعاشی برای هر حالت ۱۳۰ مورد یعنی برای حالت سالم ۷۸۰ مورد و برای حالت معیوب ۲۳٤۰ مورد و در مجموع ۳۱۲۰ نمونه آزمایش استخراج شد.

$$N = (A + B) \times (C) \times (D)$$

جدول ۱- تعداد حالت‌های آزمایش(داده برداری).

حالت سالم(A)	حالت خراب(B)	تعداد وضعیت سنسور(C)	تعداد دور(D)	تعداد حالات مورد آزمایش(N)
۱	۳	۲	۳	۲٤

پس از تحصیل داده از وضعیت سالم، بر روی قسمت‌های مختلف مکانیزم نگهدارنده کلاچ خرابی های مورد نظر اعمال گردید و داده‌های ارتعاشی به طور جداگانه به دست آمد. در جدول ۲ مشخصات هر یک از عیوب آورده شده است.

جدول ۲- شرح خرابی‌های مکانیزم نگهدارنده کلاچ.

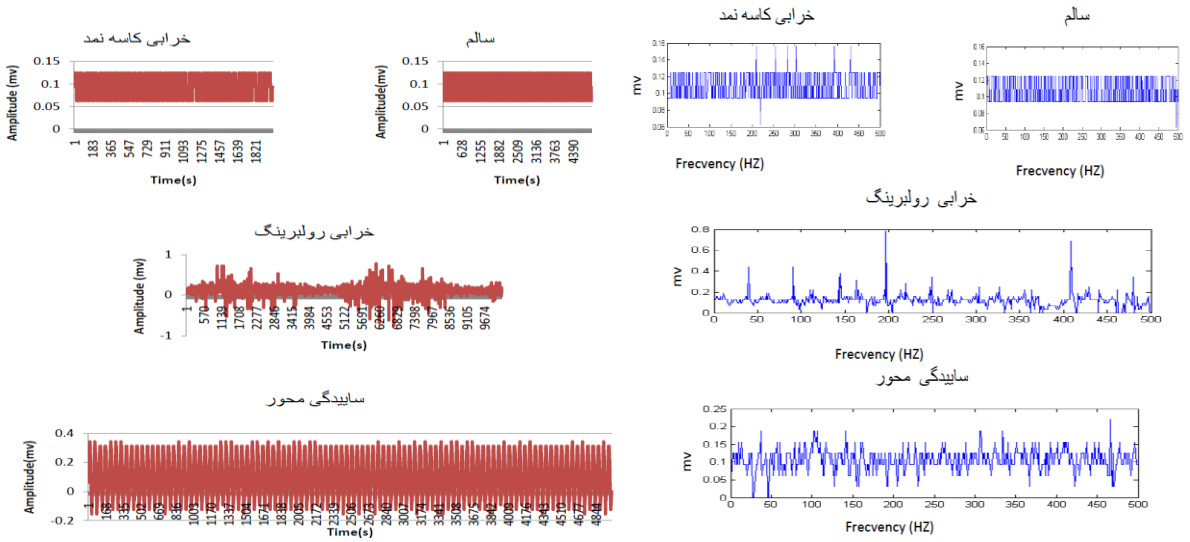
نوع عیب	مشخصات عیب
خرابی کاسه نمد	پارگی لایه لاستیکی داخلی و خرابی فنر آن
ساییدگی شفت PTO	کاهش قطر شفت به اندازه (۱۰) درصد
خرابی رولبرینگ	لهیدگی سه ساچمه غلطکی و رینگ داخلی آن

با توجه به اینکه خرابی در ماشین های دوار منجر به تغییر در سیگنال حوزه زمان می گردد، طی مراحل داده برداری طیف ارتعاشی حوزه زمان در هر یک از حالت ها به دست آورده شد.

پردازش سیگنال

پردازش سیگنال و بخش استخراج ویژگی مهمترین بخش در روند پایش وضعیت می باشد، که بر اساس آن ویژگی سیستم اعم از سالم یا معیوب بودن و نوع آن مشخص می گردد. یکی از روش های معمول برای ایجاد ویژگی های مفید، انتقال سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس است. تحلیل گر با استفاده از سری فوریه سیگنال های آنالوگی حوزه زمان را به داده‌های دیجیتالی در حوزه فرکانس تبدیل می کند . برای همین منظور ابتدا کدهای لازم در قالب نرم افزار MATLAB برنامه‌نویسی شد. این برنامه فایل‌های Excel حاوی داده های ارتعاشی (بر حسب زمان/ ولتاژ) را انتخاب کرده و با استفاده از فیلتر به کار رفته در آن، داده‌ها را فیلتر، نویزها را حذف و در نهایت پارامترهای آماری حوزه زمان و فرکانس را محاسبه می نماید. بنابراین یک تابع تبدیل سریع فوریه (FFT) ۱۰۲٤۰ نقطه برای هر سیگنال زمان بطور جداگانه محاسبه شد. همچنین چگالی طیف توان (PSD) و زاویه فاز(FFT) سیگنال‌های ارتعاشی با استفاده از نرم افزار MATLAB محاسبه شد.

سپس با استفاده از نرم افزار MATLAB نمودارهای مربوط به طیف ارتعاشی در حوزه فرکانس در حالت‌های سالم و خرابی به دست آمد تا آنها نسبت به هم تحلیل و با یکدیگر مقایسه گردد(شکل ٤).



شکل٤- نمونه طیف‌های ارتعاشی به دست آمده حوزه زمان(راست)، نمونه طیف‌های ارتعاشی به دست آمده حوزه فرکانس(چپ)، در حالت‌های سالم ومعیوب (دور ۲۰۰۰ دور در دقیقه وجهت سنسور عمودی).

استخراج ویژگی‌ها

هدف اصلی روش های استخراج ویژگی ارائه تبدیل، روش یا ترتیبی است که مولفه های عیب پنهان شده در یک سیگنال دریافت شده را نمایان سازد. در این پژوهش مجموعه داده‌های حوزه زمان با تعداد ۱۰۲٤۰ داده نمونه بود. همچنین نقاط داده حوزه فرکانس، یعنی داده‌های PSD و زاویه فاز FFT هم هر کدام ۱۰۲٤۰ عدد بودند. این سیگنال ها برای استخراج سی و سه ویژگی از حالت های سلامت و عیب به کار برده شدند[۵]. یازده ویژگی $(T_1 - T_{11})$ پارامترهای آماری حوزه زمان و مابقی پارامترها $(P_1 - P_{11})$ و $(A_1 - A_{11})$ پارامتر های آماری حوزه فرکانس هستند.

طبقه‌بندی عیب با ANFIS

به علت اینکه از شبکه ANFIS نمی‌توان خروجی را به صورت عبارت زبانی دریافت نمود، لذا برای هر یک از حالت های سالم و خرابی به منظور طبقه بندی عیوب یک کد تعریف شد(جدول ۳).

جدول ۳- تعریف کد برای هر یک از وضعیت های سالم و خرابی.

وضعیت مورد نظر	سالم	خرابی رولبرینگ	خرابی کاسه نمد	سایبدگی محور
کد تعریف شده در طبقه بندی	۰	۱	۲	۳

سپس برای اینکه داده‌ها در شبکه‌ی ANFIS مدل شوند، تعداد ۸ مدل (A-H)، برای مدل سازی در ANFIS در نظر گرفته و داده‌های آموزشی و آزمایشی در طبقه بندی قرار گرفتند (جدول ٤).

جدول ٤- طبقه‌بندی حالت‌ها و داده‌های ورودی به ANFIS.

مدل آزمایش	وضعیت سنسور	دور (rpm)	کد طبقه بندی	تعداد داده های آزمایش	تعداد داده های آموزش	ورودی به ANFIS
A	عمودی	۱۰۰۰	۳۲۱۰	٤٦٨	۱۰۹۲	/
B	عمودی	۱۰۰۰	۳۱۰	۳۵۱	۸۱۹	/
C	عمودی	۱۵۰۰	۳۲۱۰	٤٦٨	۱۰۹۲	/
D	عمودی	۲۰۰۰	۳۲۱۰	٤٦٨	۱۰۹۲	
E	افقی	۱۰۰۰	۳۲۱۰	٤٦٨	۱۰۹۲	'
F	افقی	۱۵۰۰	۳۲۱۰	٤٦٨	۱۰۹۲	/
G	افقی	۲۰۰۰	۳۲۱۰	٤٦٨	۱۰۹۲	
H	افقی	۲۰۰۰	۳۱۰	۳۵۱	۸۱۹	

هنگام داده‌برداری اولیه، و اعمال خرابی کاسه نمد در مدل آزمایشگاهی، ارتعاشات ناشی از خرابی کاسه نمد نسبت به حالت سالم کمتر ملموس بود و از مقایسه اولیه داده های اخذ شده از خرابی کاسه نمد با حالت سالم، و مشاهده طیف ارتعاشی آنها تفاوت چندانی احساس نگردید. از طرفی پس از بررسی داده‌های مربوط به خرابی کاسه نمد به منظور انتخاب ویژگی‌های برتر، ویژگی هایی معنی دار کمتری از داده های به دست آمده مربوط به کاسه نمد، مشاهده گردید. لذا این فرض را در نظر گرفته شد که سیستم عیب یابی ارائه شده نمی تواند عیوب ناشی از خرابی کاسه نمد را به خوبی نشان دهد. به همین منظور، در مدل‌های H و B داده‌های مربوط به کاسه نمد را حذف کرده و سایر داده ها به شبکه وارد گردید.

بحث و نتایج

به دلیل اینکه تشخیص عیوب به کمک سیگنال های زمانی نیاز به محاسبه پارامتر های آماری دارد، لذا در این مورد تحلیلی صورت نگرفت. از طرفی به طور معمول نمودار FFT پر استفاده ترین ابزار نزد متخصصان آنالیز ارتعاشات است. اما بسیاری از اطلاعات به رفتار ماشین به دلائل مختلف از جمله، فیلتر شدن بعضی فرکانس‌ها، روی هم افتادن فرکانس‌های نزدیک به هم با توجه به وضوح انتخابی ممکن است در نمودار FFT حذف گردند. تکنیک های یادگیری عصبی- انطباقی، روشی را برای ایجاد یک رویه مدل سازی فازی در راستای یادگیری اطلاعات از یک مجموعه داده فراهم می آورند. به منظور ارزیابی سیستم تشخیص عیب ارائه شده داده های ارتعاشی در طبقه بندی قرار گرفتند و تعداد ۸ مدل برای مدل سازی و ورود به شبکه ANFIS در نظر گرفته شد بردار ویژگی ANFIS برای هر کدام از مدل ها در دورها و وضعیت های سنسور مختلف به ازای هر یک ۳ ویژگی استخراج شد. برای مدل های آزمایش به منظور آموزش و تست داده‌ها، از ویژگی‌های معنی‌داری که نتایج بهتری را با استفاده از روش سعی و خطا به دست می‌دادند، برای ورود به شبکه استفاد شد. مقدار ۷۰٪ از داده‌ها در هر مدل

به آموزش و ۳۰٪ داده‌ها به منظور تست در شبکه بارگذاری گردید. به منظور حصول نتایج بهتر توابع عضویت ورودی و خروجی و تعداد دوره‌های آموزشی متفاوت در شبکه ی ANFIS در نظر گرفته شد. به منظور آموزش سیستم تعداد ۳ دوره آموزشی در نظر گرفته شد. همچنین مقدار اولیه ۰/۰۱ به عنوان اندازه گام برای سازگاری پارامترها تشکیل شد. پس از بارگذاری برای تمام مدل‌ها نمودار خطاها بر حسب دوره‌های آموزشی رسم شد. سپس شکل نمایشگر قواعد، قوانین فازی، توپولوژی تشخیص عیب و نمودار سطوح برای هر یک از مدل ها به طور جداگانه استخراج شد(شکل۵). همچنین از نتایج ایجاد شده از ANFIS، مقدار میانگین مربعات خطا (MSE) مجموع مربعات خطا (SSE)، ضریب همبستگی (R)، خطای میانگین مطلق (MAE)، درجه ی معناداری (P) و پیشگویی به دست آمد.

با مشاهده‌ی نتایج حاصل از ANFIS و شمارش پاسخ‌های صحیح، ماتریس اغتشاش برای کل مدل ها تشکیل شد. در جدول ۵ ماتریس اغتشاش تشکیل شده برای مدل B به عنوان نمونه آورده شده است. عناصر قطری در این ماتریس تعداد پاسخ‌های صحیح را نشان می‌دهند.

جدول ۵- ماتریس اغتشاش برای تشخیص عیب در مدل B.

خروجی/ مطلوب	سالم	خرابی بلبرینگ	ساییدگی محور
سالم	۳۹	۰	۰
خرابی رولبرینگ	۱	۳۸	۰
ساییدگی محور	۰	۰	۳۹

حساسیت و دقت طبقه‌بندی کلی دو معیار آماری برای تعیین عملکرد سیستم در طبقه بندی هستند. این معیارها به صورت زیر تعریف می شوند. حساسیت برابر است با تعداد تصمیم های مثبت صحیح سیستم تقسیم بر تعداد کل تصمیم های مثبت ممکن.

دقت طبقه بندی کلی برابراست با تعداد تصمیم-های صحیح تقسیم بر تعداد کل تصمیم های ممکن.

در پایان معیار های آماری برای تعیین عملکرد سیستم در طبقه بندی هر یک از مدل ها به دست آمد.

به منظور مقایسه میزان موفقیت تشخیص عیب هر یک از مدل ها با هم، شرح دقت طبقه بندی کلی در هر حالت، به صورت نمودار آورده شده است(شکل ٦). در مدل B دقت طبقه بندی کلی مقدار ۹۹/۱٤ درصد بود و بیشترین دقت طبقه بندی در مدل H به میزان ۱۰۰ درصد به دست آمد که نتایج مطلوبی می باشد. همچنین میانگین دقت طبقه بندی کلی سیستم تشخیص عیب در حالت سنسور عمودی ۷٦/٤۱ و در حالت سنسور افقی ۷۱/٤۷ به دست آمد.

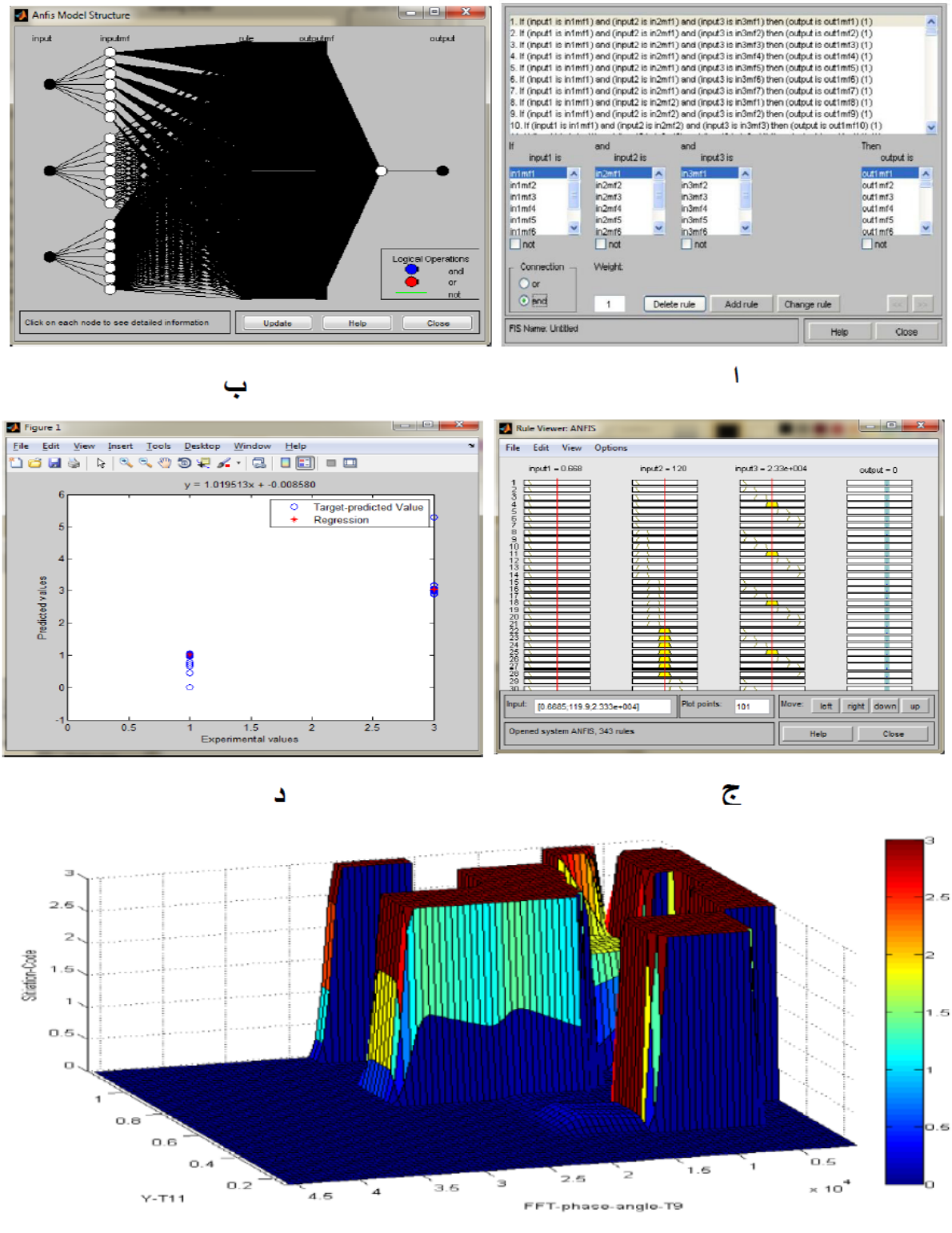
نتیجه‌گیری

در این تحقیق داده های ارتعاشی از ستاپ آزمایشی با استفاده از سیستم تحصیل داده جمع آوری شدند. ویژگی‌های آماری از حوزه زمان و فرکانس برای تعیین عیوب مختلف به دست آمد و از

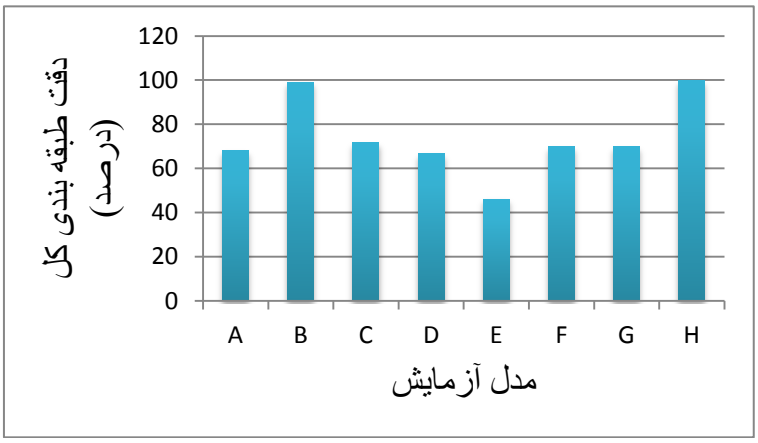
بین آنها نسبت به انتخاب سه ویژگی برتر برای ورود به شبکه ANFIS اقدام شد. تعداد ۸ مدل به منظور تشخیص عیب در طبقه بندی قرار گرفت. در دو مدل (یعنی مدل B و مدل H)، خرابی کاسه نمد در طبقه بندی قرار نگرفت. پس از محاسبه پارامتر های آماری، دقت طبقه بندی کلی در مدل B مقدار ۹۹/۱٤ درصد و در مدل H مقدار ۱۰۰ درصد به دست آمد. مقایسه ی نتایج دقت طبقه بندی کلی حاصل از مدل های ANFIS نشان داد که فرض ما از اینکه خرابی کاسه نمد میزان ارتعاشات کمی را ایجاد می نماید، صحیح بوده و سیستم تشخیص عیب ارئه شده به خوبی نتوانست خرابی کاسه نمد را نشان دهد. در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از روش هوشمند منطق عصبی- فازی، می تواند روشی کارا و موثر در تشخیص عیب های قسمت مکانیزم نگهدارنده کلاچ باشد.

قدردانی

این مقاله از نتایج طرح تحقیقاتی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه استخراج شده که بدینوسیله از حمایت مالی این دانشگاه تقدیر می گردد.



شکل ۵- ا: استخراج قوانین فازی، ب: توپولوژی **ANFIS** طراحی شده، ج: نمایشگر قواعد، نمودار رگرسیون بر حسب پیشگویی و د: استخراج شکل نمایشگر سطوح در مدل **B**



شکل ٦- نمودار دقت طبقه‌بندی کل بر حسب مدل‌های آزمایش.

منابع

1. Ming Yang, V. 2010. ARX model-based gearbox fault detection and localization under varying load conditions. Journal of Sound and Vibration. 329. 5209–5221
2. Bagheri, B. Ahmadi, H. and Labbafi, R. 2010. Application of Data Mining and Feature Extraction on Intelligent Fault Diagnosis by Artificial Neural Network and k-Nearest Neighbor. ICEM 2010, Rome, Italy, pp. 7.
3. Zhu, Z. 2005. Cyclostationarity analysis for gearbox condition monitoring approaches and effectiveness. Mechanical Systems and Signal Processing. 19. 467-482.
4. Zhan, Y. Makis, V. and Jardine, A. 2006. Adaptive state detection of gearboxes under varying load conditions based on parametric modeling. Mechanical Systems and Signal Processing. 20. 188-221.
5. David, G., Lewicki and Harry J. 2004. Decker Transmission Bearing Damage Detection Using Decision Fusion Analysis. Glenn Research Center Cleveland, Ohio. Army Research Laboratory, NASA/TM. PP, 1-20.
6. Goddu, G., Li, B., Chow, M., Hung, J. 1998. Motor Bearing Fault Diagnosis by Fundamental Frequency Amplitude Based Fuzzy Decision System. Development of Electrical and Computer Engineering North Carolina University. PP, 1961-1965.
7. Hotwai, N. 2009. Vibration Analysis of Faulty Beam usig Fuzzy Logic Techique, Department of Mechanical Engineering ational Institute of Technology Rourkela. PP, 23-27.
8. Kong, Ch., Ki, J. Oh, S., Kim, J. 2008. Trend Monitoring of a Turbofan Engine for Long Endurance UAV Using Fuzzy Logic. KSAS International Gournal, VoL. 9. PP, 64-70.
9. Kiral, Z., Karagu¨lle, H. 2003. Simulation and Analysis of Vibration Signals Generated by Rolling Element Bearing with Defects. Department of Mechanical Engineering, Dokuz Eylul University, Turkey. PP, 667-678.
10. Lei, Y., Hea, Z., Zia, Y., and Hua, Q. 2003. Fault Diagnosis of Rotating Machinery Based on Multiple ANFIS Combination with Gas. Department of Mechanical Engineering, Xi'an Jiaotong University.PP, 667–678.

11. Lei, Y. A., He, Z. & Zi, Y. 2008. A New Approach to Intelligent Fault Diagnosis of Rotating Machinery. Expert Systems with Applications. PP, 1593–1600.
12. Martins Marcal, R., Hatakeyama, K., Susin, A. 2006. Managing Incipient Faults in Rotating Machines Based on Vibration Analysis and Fuzzy Logic. Electrical Engineering Department. PP, 1-6.
13. Saravanan, N., Cholairajan, S. 2009. Ramachandran Vibration-based Fault Diagnosis of Spur Bevel Gear box Using Fuzzy Technique. Department of Mechanical Engineering, Amrita Vishwa Vidyapeetham, India. PP, 3119–3135.
14. Singonahalli, J. H, and Iyer, N. R.1996. Etection of Roller Bearing Defect Using Expert System and Fuzzy Logic. Department of Mechanical Engineering California University Sacramento. Sacramento. CA, U.S.A. PP, 596 - 606- 613.

Condition monitoring of clutch mechanism Retainer of MF-285 Tractor with Vibration Analysis and ANFIS.

Ebrahim Ebrahimi[*1] , Mojtaba Bavandpour[1] and Nasrolah Astan[1]

Reeived: 15 February 2014
Accept: 12 May 2014

Abstract

In this study, ANFIS, as decision support system, is applied to detect the faults of MF 285 mechanism tractor clutch. Maintenance mechanisms include normal mode, roller failure, seal failure and attrition-based. Experiments were carried out in three speed : 1000, 15000, 2000 RPM and two conditions. The sensor was mounted vertically and horizontally. Vibrating spectrum of the time domain and the frequency of vibration data were obtained. Thirty-three statistical parameters of vibration signals in frequency domain and time were chosen as the sources attribute to detect errors. Finally, the top three features as input vectors to the ANFIS were evaluated. Using statistical parameters the performance of the system was calculated with the experimental data and training of ANFIS model. The system could not provide a seal to identify the fault. Regardless of the vibration data obtained from the classification of the seal, the overall classification accuracy of the ANFIS was 99.14% in the amount of 100% of the sensor installed vertically and horizontally. The results showed that this system could act as an intelligent diagnosis system.

Keywords: Troubleshooting, maintenance clutch mechanism, Vibration analysis, Neuro Fuzzy Inference System

[1] Islamic Azad University- Group Mechanics of Agricultural Machinery, Kermanshah, Iran
* Corresponding Author: e.ebrahimi57@gmail.com