بسم الله الرحمن الرحيم

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب ابراهیم بابایی متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

ابراهیم بابایی

امضاء

آدرس: تهران- لویزان- خیابان شهید شعبانلو -دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ و نمابر: ۲۲۹۷۰۰۳۳
، صندوق پستی:۱۳۶-۱۶۷۸۵ و کد پستی:۱۶۷۸۸۱۵۸۱۱ پست الکترونیکی : sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی مکانیک

عیب یابی ماشین آلات دوّار به کمک شبکه ها عصبی

نگارش
ابراهیم بابایی

اساتید راهنما:دکتر غلامحسن پایگانه و دکتر مهرداد نوری خاجوی
استاد مشاور:دکتر رضا ابراهیم پور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مکانیک(طراحی کاربردی)

مهر ۱۳۸۹

قدردانی و تشکر

من لم یشکر المخلوق لم یشکرالخالق

از زحمات کلیه معلمان و اساتیدی که در طی دوران تحصیل افتخار شاگردی آنها را داشته ام، مخصوصاً اساتید گرامی آقایان دکتر غلامحسن پایگانه، دکتر مهرداد نوری خاجوی و دکتر رضا ابراهیم پور و کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق با اینجانب همکاری نموده اند و همچنین از زحمات پدر و مادر و همسر عزیزم که در طی این دوره تحصیلی بار مشکلات زندگی را به تنهایی به دوش کشیده است ،تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

بحث عیب یابی ماشین آلات دوار یکی از موضوعات مهم و کاربردی در صنایع می باشد. تحلیل ارتعاشی قسمت های مختلف یک ماشین به عنوان ورودی یکی از روش های غیر مخرب و قابل اجرا در حین کار ماشین، روش مطمئن و ساده ای است که در بسیاری از موارد توصیه می شود.

در این تحقیق پس از ساخت مدل ماشین دوّار چهار عیب متداول یعنی ۱) نابالانسی ۲) ناهمراستایی ۳) خرابی یاتاقان ۴) لقی مکانیکی را بطور جداگانه برروی دستگاه ایجادشده است. سپس توسط نصب پیکاپ برروی محفظه یاتاقان ها سیگنال های ارتعاشی را در فرکانس های مختلف جمع آوری نموده ایم. جهت استخراج مشخصه ها و داده های آماری، سیگنال ها بوسیله تابع تبدیل فوریه FFT مورد پردازش قرار گرفته است. پس از بدست آوردن ۱۱ داده آماری، نتایج بوسیله یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه(MLP) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. کل داده های استخراج شده به صورت یک ماتریس ۸۴×۱۱ می باشند. از ۲/۳ داده ها جهت آموزش شبکه استفاده شده و از ۱/۳ آنها برای تست شبکه استفاده شده است.

نتایج بدست آمده ازآموزش شبکه پرسپترون سه لایه نشان می دهد که این شبکه با تقریب بیش از ۷۵ درصد، بدرستی تشخیص عیب می دهد.

داده ها بوسیله شبکه عصبی RBF نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که از مقایسه نتایج حاصل از دو شبکه مشخص گردید که شبکه عصبی MLP از شبکه عصبی RBF در این تحقیق قوی تر است.

واژگان کلیدی :آنالیز ارتعاشات، عیب یابی، شبکه های عصبی، ماشین آلات دوار

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اوّل:نظریه های تعمیر و نگهداری	۱
۱-۱-مقدمه	۲
۱-۲-مروری بر برخی از کارهای انجام شده	۳
۱-۳-نظریه های تعمیرونگهداری	۱۰
۱-۳-۱-تعمیرونگهداری بعد از شکست یا از کارافتادگی	۱۱
۱-۳-۲- تعمیرونگهداری پیش بینانه بر اساس زمان کار دستگاه	۱۱
۱-۳-۳- تعمیرونگهداری پیش بینانه بر اساس حالت و وضعیت دستگاه	۱۲
۱-۳-۴- تعمیرونگهداری پیش گیرانه یا پیش فعال	۱۲
۱-۴-ریشه یابی نظریه های تعمیرونگهداری	۱۳
۱-۵-اصول پیش یبنی تعمیرونگهداری	۱۵
فصل دوم: ارتعاشات	۱۶
۲-۱-مقدمه	۱۷
۲-۲-واژه های ارتعاش	۱۷
۲-۲-۱-جابجایی پیک تا پیک ارتعاش	۱۷
۲-۲-۲-سرعت ارتعاش (پیک)	۱۸
۲-۲-۳-سرعت ارتعاش بر حسبrms	۱۸
۲-۲-۴-فاکتور اوج (CF)	۱۹
۲-۲-۵-شتاب ارتعاش (پیک)	۱۹
۲-۲-۶-فاکتور اوج برای جابجایی	۱۹
۲-۲-۷-مقدار میانگین	۲۰
۲-۳-از کدامیک از پرامترهای جابجایی، سرعت یا شتاب استفاده کنیم؟	۲۰
۲-۴-استفاده از تئوری ارتعاش برای تشخیص عیب در ماشین آلات	۲۲
۲-۵-محدودیت ها و استانداردهای ارتعاش	۲۳
فصل سوّم:جمع آوری داده ها	۲۵
۳-۱-مقدمه	۲۶
۳-۲-جمع آوری سیگنال های ارتعاشی بوسیله مبدل ها	۲۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۱-پیکاپ سرعت	۲۷
۳-۲-۲-مبدل شتاب	۲۸
۳-۲-۳-مبدل جابجایی – پروب های مغناطیسی	۳۰
۳-۳-تبدیل ارتعاش به سیگنال الکتریکی	۳۰
۳-۳-۱-ارتعاش سنج و آنالایزرهای دستی	۳۱
۳-۳-۲- آنالایزرها یا کلکتورهای قابل حمل	۳۴
۳-۳-۳-نرم افزار مدیریت اطلاعات داده ها	۳۵
فصل چهارم:پردازش سیگنال	۳۷
۴-۱-مقدمه	۳۸
۴-۲-تبدیل فوریه	۳۹
۴-۳-نرخ نمونه گیری	۴۲
۴-۴-مبدل های آنالوگ به دیجیتال	۴۴
۴-۵-پنجره گیری	۴۴
۴-۶-خطوط تفکیکی، F-max ، پهنای باند	۴۷
۴-۷-میانگین	۴۸
۴-۷-۱-میانگین گیری خطی	۴۸
۴-۷-۲-نگهداری پیک	۴۹
۴-۷-۳-نمایی	۴۹
۴-۷-۴-میانگین گیری هماهنگ	۴۹
۴-۸-روی هم افتادگی	۴۹
۴-۹-نمایش و ذخیره سازی	۵۱
۴-۹-۱-باندهای فرکانسی- هشدارها	۵۱
۴-۹-۲-آبشارها	۵۱
فصل پنجم: عیب یابی ماشین آلات دوار با استفاده از آنالیز ارتعاشات	۵۳
۵-۱-مقدمه	۵۴
۵-۲-عمومی ترین عیوب مشهود در ماشین آلات دوار	۵۴
۵-۲-۱-نابالانسی	۵۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۲-۱-۱-نابالانسی استاتیکی	۵۶
۵-۲-۱-۲-نابالانسی کوپل	۵۷
۵-۲-۱-۳-نابالانسی رتورهای معلّق	۵۷
۵-۲-۲-ناهمراستایی	۵۸
۵-۲-۲-۱-ناهمراستایی زاویه ای	۵۸
۵-۲-۲-۲-ناهمراستایی موازی	۶۰
۵-۲-۳-لقی مکانیکی	۶۱
۵-۲-۳-۱-لقی داخلی قطعات مونتاژ شده	۶۲
۵-۲-۳-۲-لقی بین دستگاه و سح پایه اتصال به زمین	۶۳
فصل ششم: شبکه های عصبی	۶۴
۶-۱-مقدمه	۶۵
۶-۲-شبکه های عصبی مصنوعی	۶۸
۶-۳-بازشناسی الگو	۶۹
۶-۴-آموزش تشویقی(مبنی بر تکرار و تصحیح خطا) در بازشناسی الگو	۷۱
۶-۵-شبکه های عصبی مصنوعی پرسپترون در Matlab	۷۳
۶-۵-۱-توابع انتقال	۷۵
۶-۵-۲-شبکه های چند لایه (MLP)پیشرو	۷۵
۶-۵-۳-قوانین یادگیری(شیب کاهش خطا)	۷۸
۶-۵-۴-نحوه ایجاد شبکه عصبی مصنوعی در Matlab	۷۹
۶-۶-شبکه عصبی RBF	۸۱
فصل هفتم: نتیجه گیری	۸۳
۷-۱-دستگاه تست	۸۴
۷-۲-پارامترهای آماری	۸۵
۷-۳-داده های جمع آوری شده	۸۶
۷-۴-نتایج حاصل ازشبکه	۸۷
۷-۵-نتیجه گیری	۸۹
پیوست	۹۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقالات ارائه شده	۹۶
منابع و مراجع	۹۷
چکیده انگلیسی	۹۸
عنوان انگلیسی	۹۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول۷-۱ درصد آموزش شبکه با تغییر تعداد نرون لایه میانی	۸۷
جدول ۷-۲ درصد آموزش شبکه با تغییر Epoch	۸۸

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۷-۱-درصد آموزش شبکه با تغییرتعداد نرون لایه میانی ۸۷
نمودار ۷-۲- درصد آموزش شبکه با تغییر Epoch ۸۸

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

فصل اوّل

شکل ۱-۱- نظریه های تعمیرونگهداری ۱۳

شکل ۱-۲-مقایسه عمل تشخیص یک عیب با کار پزشک ۱۵

فصل دوّم

شکل ۲-۱-نمایش اجزائ موج ۱۸

شکل ۲-۲-موجهای جابجایی، سرعت، شتاب ایجاد شده توسط یک حرکت هارمونیک ۲۰

شکل ۲-۳-ارتباط بین شتاب، سرعت، جابجایی ۲۱

شکل ۲-۴-تشخیص عیب ماشین آلات ۲۲

فصل سوّم

شکل ۳-۱-ساختمان داخلی پیکاپ سرعت ۲۸

شکل ۳-۲-شتاب سنج ۲۹

شکل ۳-۳-نحوه اتصال پروپ مغناطیسی ۳۰

شکل ۳-۴-ارتعاش سنج دستی ۳۲

شکل ۳-۵-مشخص کردن محل یاتاقان ها ۳۳

شکل ۳-۶-چند نمونه آنالایزرهای قابل حمل ۳۴

شکل ۳-۷-یک نمونه نرم افزار جهت آنالیز ارتعاشات ۳۶

فصل چهارم

شکل ۴-۱-ارتعاشات ترکیبی ۴۰

شکل ۴-۲-شکل موج تغییر یافته مربوط به ارتعاشات غیر هم فاز ۴۱

شکل ۴-۳-طیف های مربوط به ارتعاشات ساده ۴۱

شکل ۴-۴-تبدیل فوریه ۴۲

شکل ۴-۵-مثالی از نمونه گیری پائین ۴۳

شکل ۴-۶-مبدل آنالوگ به دیجیتال ۴۴

شکل ۴-۷-اصل پنجره گیری ۴۵

شکل ۴-۸-توابع پنجره ۴۶

شکل ۴-۹-مقایسه FFT های خروجی ۴۷

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۰- پردازشگر FFT ۵۰

شکل ۴-۱۱-نقشه آبشاری توربین بخار ۵۲

فصل پنجم

شکل ۵-۱-آنالیز FFT مربوط به عیب نابالانسی ۵۶

شکل ۵-۲-نابالانسی استاتیکی ۵۶

شکل ۵-۳-نابالانسی کوپل ۵۷

شکل ۵-۴-نابالانسی رتورهای معلق ۵۷

شکل ۵-۵- آنالیز FFT مربوط به عیب ناهمراستایی زاویه ای ۵۸

شکل ۵-۶-ناهمراستایی زاویه ای ۵۹

شکل ۵-۷-ناهمراستایی زاویه ای بوسیله آنالیز فاز ۵۹

شکل ۵-۸-ناهمراستایی موازی ۶۰

شکل ۵-۹- FFT مربوط به عیب ناهمراستایی موازی ۶۱

شکل ۵-۱۰- وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه ای در ناهمراستایی موازی ۶۱

شکل ۵-۱۱- FFT مربوط به عیب لقی های داخلی ۶۲

شکل ۵-۱۲-لقی نصب ۶۲

شکل ۵-۱۳- FFT مربوط به عیب لقی مکانیکی ۶۳

شکل ۵-۱۴- لقی مکانیکی ۶۳

فصل ششم

شکل ۶-۱-نرون بیولوژیک ۶۵

شکل ۶-۲-ارتباط نرون ها با هم ۶۶

شکل ۶-۳-اتصال سیناپسی ۶۷

شکل ۶-۴- ارتباط سه نوع نرون با هم ۶۸

شکل ۶-۵-نمایش ساده ای از نرون مصنوعی ۶۸

شکل ۶-۶-ترسیم مشخصات کشتی گیرها و یسکتبالیستها ۷۰

شکل۶-۷-نمایش الگوی جدید در فضای دو بعدی ۷۱

شکل ۶-۸-ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی در Matlab ۷۳

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۶-۹-ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی ۷۴
شکل ۶-۱۰- طریقه اصلاح ضرایب ۷۴
شکل ۶-۱۱-تابع انتقال پله واحد ۷۵
شکل ۶-۱۲-تابع انتقال سیگموئید ۷۵
شکل ۶-۱۳-تابع انتقال تنسیگموئید ۷۵
شکل ۶-۱۴ –تابع انتقال همانی ۷۵
شکل۶-۱۵-دو نوع فضای طبقه بندی ۷۶
شکل۶-۱۶-پرسپترون چند لایه ۷۶
شکل ۶-۱۷-مسئله یای حذفی ۷۷
شکل ۶-۱۸-شبکه عصبی پرسپترون چندلایه ۷۸
شکل ۶-۱۹- شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در Matlab ۷۸
شکل ۶-۲۰-ساختار نرون در شبکه RBF ۸۱
شکل۶-۲۱-تابع انتقال لایهRBF ۸۲
شکل ۶-۲۲-ساختار شبکه Radial Basis ۸۲
شکل ۷-۱-دستگاه رتور-موتور ۸۴

فهرست علائم و اختصارات

فاکتور اوج	CF
جابجایی ماکزیمم	X_{max}
جابجایی rms	X_{rms}
میانگین جابجایی	$\bar{X}$
دوره زمانی	T
جابجایی لحظه ای	$X_{(t)}$
سرعت پیک	ΔV
سرعت میانگین	$\bar{V}$
انرژی	E
انرژی نرمالایز	E_N
ریشه میانگین مجذورات	RMS
فاکتور ایمپالس	IF
نسبت پیک به میانگین	PAR
فاکتور شکل	SF
فاکتور آزاد	CLF
مقدار کرتوسیس	KV

فهرست پیوست ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-داده های آموزش شبکه مربوط به عیب نابالانسی ۹۱

جدول ۲-داده های آموزش شبکه مربوط به عیب ناهمراستایی زاویه ای ۹۲

جدول ۳-داده های آموزش شبکه مربوط به عیب خرابی یاتاقان ۹۳

جدول ۴-داده های آموزش شبکه مربوط به عیب لقی مکانیکی ۹۴

جدول ۵-داده های تست شبکه مربوط به عیب نابالانسی ۹۴

جدول ۶-داده های تست شبکه مربوط به عیب ناهمراستایی زاویه ای ۹۵

جدول ۷-داده های تست شبکه مربوط به عیب خرابی یاتاقان ۹۵

جدول ۸-داده های تست شبکه مربوط به عیب لقی مکانیکی ۹۵

فصل اوّل:

نظریه های تعمیر و نگهداری

۱-۱-مقدمه

هزینه های تعمیرات بخش اعظمی از هزینه تمام شده همه کارخانه ها و واحدهای تولیدی را در بر می گیرد. بسته به نوع خاص صنعت، هزینه های نگهداری و تعمیرات بین ۱۵ تا ۶۰ درصد کل هزینه تولید را در بر می گیرد. مثلاً در صنایع غذایی بطور میانگین حدود ۱۵ درصد در حالیکه در صنایع فولاد، کاغذسازی و دیگر صنایع سنگین بالای ۶۰ درصد کل هزینه تولید است.

گاهی این آمار ممکن است گمراه کننده باشند. چرا که گزارشها حاکی است که در بیشتر واحدهای تولیدی، هزینه های تعمیراتی گزارش شده شامل بعضی هزینه های غیر مرتبط با نگهداری و تعمیرات نیز می باشند. مثلاً بعضی واحدها مجبور به تغییراتی در سیستم های موجود هستند که ناشی از وابستگی آنها به بازار می باشد. مثلاً تغییراتی برای امکان تولید محصولات جدید است. این مخارج واقعاً مربوط به تعمیرونگهداری نیستند و نباید در منشأ هزینه آن قرار داده شوند. با این حال هزینه های تعمیرات چشمگیر هستند و بهبود آنها تأثیر مستقیم برروی افزایش سود کارخانه دارد.

بررسیهای اخیر برروی تأثیر مدیریت تعمیرات مشخص می کند که یک سوم کل هزینه تعمیرات بعلّت تعمیرات غیر ضروری و یا ناصحیح است. اگر در نظر بگیرید که در صنایع آمریکا سالانه بیش از ۲۰۰ میلیارد دلار صرف تعمیر ونگهداری تجهیزات کارخانه ها می شود اثر عملکرد نگهداری وتعمیرات برروی تولید و سود، آشکار می شود.

در نتیجه مدیریت ناکارآمد تعمیرونگهداری سالانه بیش از ۵۰ میلیارد هدر می رود. شاید مهمتر از همه این واقعیت است که مدیریت تعمیرات تأثیر زیادی روی توانایی کیفی و کمی تولیدکنندگانی دارد که باید در بازار رقابتی دنیا فعّالیت کنند. هدر رفتن زمان تولید و کیفیت محصول در نتیجه مدیریت ضعیف تعمیرات، تأثیر چشمگیری روی توانایی صنایع می گذارد.

دلیل عمده این ناکارآمدی، فقدان اطلاعات درست وکافی برای بیان نیازهای واقعی جهت نگهداری ماشینهای دوّار و دیگر سیستمها می باشد و دیگر اینکه برنامه ریزی تعمیرات مبتنی بر اطلاعات یا خرابی های واقعی تجهیزات کارخانه است.

تا این اواخر، سطوح میانی مدیریت از تأثیر عملکرد تعمیرات برروی کیفیت محصولات، هزینه های تولید و مهمتر از همه سود نهایی خط تولید چشم پوشی می کرد. عقیده عمومی این بود که تعمیرات یک زیان اجتناب ناپذیر است و هیچکس نمی تواند هزینه تعمیرات را بهبود ببخشد. شاید این جملات ۱۰ تا ۲۰ سال گذشته صحیح بود امّا پیشرفت در تجهیزات مجهز به ریزپردازنده ها و استفاده از کامپیوتر که برا ی مونیتوره کردن شرایط کارکرد تجهیزات کارخانه و ماشین آلات دوّار استفاده می شوند، ابزاری مفید را برای نظارت برکارکرد آنها فراهم کرده است. استفاده از این ابزار،کاهش یا حذف تعمیرات غیر ضروری را امکان پذیر می سازد و همچنین از خرابی های ناگهانی و پیشرفته ماشین جلوگیری می کند. و تأثیرات منفی عملکرد تعمیرات برروی سوددهی کارخانه های تولیدی را کاهش می دهد.

۱-۲-مروری بر برخی از کارهای انجام شده در این زمینه

در این زمینه کارهای زیادی انجام گرفته که به برخی از آنها اشاره می کنیم.

- در سال ۲۰۰۲ توسط آقای B.S.Yang و همکارانش تحقیقی به نام «عیب یابی ماشین های دوّار با استفاده از شبکه عصبی ترکیبی ART-KNN[1] » صورت پذیرفته است.

در این تحقیق از شبکه عصبی ترکیبی ART-KNN استفاده شده است. این شبکه از دو زیر مجموعه تشکیل شده است: ۱- زیر مجموعه اصلی[2] ۲- زیر مجموعه فرعی[3]. این شبکه دارای دو لایه داخلی در در زیر مجموعه اصلی می باشد، یک لایه، لایه تشخیص[4] و لایه دیگر، لایه مقایسه[5] است. این دو لایه به به صورت دو طرفه، ازبالا به پائین و از پائین به بالا به هم متصل می باشند. بدلیل اتصال دو طرفه، فعالیت لایه تشخیص، فعالیت لایه مقایسه را تقویت می کند. تغییرات هدایت اطلاعات به صورت دوطرفه، فعالیت عصب ها را تشدید می کند. در نتیجه مشخصه های بحرانی درلایه مقایسه تقویت شده و فعالیت بزرگتری پیدا می کنند. وقتی ورودی در حرکت بالا به پائین و پائین به بالا مچ نمی شود، زیر مجموعه فرعی یک سیگنال مدلّل تولید کرده و سیگنال قبلی را حذف می کند.

سیستم عیب یابی شامل سه قسمت می باشد: جمع آوری داده ها، استخراج مشخصه ها و عیب یابی. سیگنال های ارتعاشی به صورت خام در بعد زمان بوسیله شتاب سنج از ماشین شبیه سازی شده جمع

[1] -Adaptive Resonance Theory- Kohonen Neural Network
[2] -Attentional
[3] -Orienting
[4] -Discernment
[5] -Comparison

آوری شده و سپس مشخصه ها توسط تابع موجی گسستهDWT[1] استخراج می شوند. تابع انتقال موجیWPT نسبت به FFT کارایی بیشتری دارد.

از مشخصه های استخراج شده، داده های آماری بدست آمده ودر نهایت توسط شبکه ART-KNN طبقه بندی و عیب یابی می شوند.

برای انجام آزمایشات، یک ماشین جهت شبیه سازی عیوب تهیه گردید که می توان عیوب عمومی مانند ناهمراستایی، رزنانس، خرابی یاتاقان، نابالانسی و ... را در آن ایجاد کرد. ابن ماشین می تواند از 0 تا6000_{rpm} دوران کند. قسمت های اصلی این ماشین شامل یک موتور، یک کوپلینگ، یاتاقان ها، دیسک و محور می باشد. عیوب آنالیز شده، خرابی یاتاقان، نابالانسی، ناهمراستایی می باشند. خرابی یاتاقان شامل خرابی حلقه داخلی، حلقه خارجی، ساچمه ها و ترکیب هر سه آنها می باشد. عیوب ناهمراستایی نیز شامل ناهمراستایی موازی و زاویه ای می باشد که بوسیله بالا و پائین کردن صفحه و تغییر زاویه آن بدست می آید. و نابالانسی نیز بوسیله اتصال وزنه به دیسک بدست می آید.

شتاب در راستای شعاع بوسیله یک شتاب سنج که در بالای محفظه یاتاقان نصب می شود، جمع آوری می شود. سرعت دوران موتور توسط یک سرعت سنج کنترل می شود. در مجموع ۸ حالت مورد آزمایش قرار گرفته است که شامل: چهار حالت در یاتاقان (خرابی در حلقه داخلی، خارجی، ساجمه ها، ترکیب هر سه) و دو حالت عیب ناهمراستایی(زاویه ای، موازی) و یک حالت نابالانسی و یک حالت بدون عیب می باشند. برای هر حالت ۲۰ بار متوالی عمل نمونه برداری تکرار شده است.

فرکانس سیگنال مورد استفاده HZ ۵۰۰۰ می باشد. توسط آنالایزر DSP، داده ها جمع آوری شده و سپس توسط کامپیوتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. از ۱۶۰ سیگنال دریافتی، ۸ مشخصه آماری(میانه[2]، انحراف استاندارد[3]، rms ، فاکتور شکل[4]، عدم تقارن[5]، کرتوسیس[6]، فاکتور کرست[7]، تخمین آنتروپی[8]) استخراج گردیده است. و جهت آموزش شبکه استفاده شده است[۱].

- در سال ۲۰۰۳ توسط آ.فتوحی و T.Goswami تحقیقی به نام« پیش بینی نرخ رشد ترک خستگی با افزایش دما در آلیاژ TI-6AL-4V با استفاده از شبکه های عصبی» صورت پذیرفته است.

دو برنامه آزمایشی TP-1 و TP2 جهت انجام این کار صورت پذیرفته است. که TP-1 همراه با افزایش دما در یک محیط مرطوب و TP-2 همراه با افزایش دما در محیط آزمایشگاهی صورت پذیرفته است. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق سه مورد زیر می باشند: ۱-فاکتور شدت تنش K (داده ها

[1] -Discrete Wavelet Transform
[2] -Mean
[3] -Standard Devition
[4] -Shap Factor
[5] -Skewness
[6] -Kurtosis
[7] -Crest Factor
[8] -Entropy Estimation