بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک

پایش وضعیت حرارتی توربین گاز با استفاده از سنسورنرم و روش آستانه تطبیقی

توسط:

مصطفی یاری

استاد راهنما:

دکتر مهدی علیاری

زمستان ۱۳۹۱

تأییدیّه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای: مصطفی یاری

را با عنوان: پایش وضعیت حرارتی توربین گاز با استفاده از سنسورنرم و روش آستانه تطبیقی

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ –استاد راهنما			
۲ –استاد مشاور			
۳ –استاد مشاور			
٤ –استاد ممتحن			
٥ –استاد ممتحن			
٦ –نماینده تحصیلات تکمیلی			

اظهارنامه دانشجو

اینجانب **مصطفی یاری** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی **مکاترونیک** دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه با عنوان پایش وضعیت حرارتی توربین گاز با استفاده از سنسور نرم و روش آستانه تطبیقی با راهنمایی استاد محترم جناب آقای **دکتر مهدی علیاری شوره‌دلی** توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا دانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

این پایان‌نامه تحت حمایت مالی شرکت مپنا به شمار قرارداد **۵۶۶۲۴/پ** انجام شده است.

تقدیم به ...

پدر و مادر عزیزم، اسوه‌های صبر و استقامت زندگی‌ام.

تشکر و قدردانی

در انجام این پروژه از زحمات و تجارب بسیاری از اساتید و دانشجویان استفاده شده است. در مرحله اول از استاد ارجمند جناب آقای دکتر مهدی علیاری شوره‌دلی که در طول انجام پروژه صبورانه به راهنمایی بنده پرداخته‌اند تشکر کرده و آرزوی توفیق در تمام لحظات زندگی را از خدای منان برای ایشان خواستارم. همچنین جناب آقای مهندس ایمان یوسفی ناظر شرکت مپنا که در طول انجام پروژه راهنمای من بوده‌اند کمال تشکر را دارم. در مرحله بعد از تمامی دوستان عزیزم که به هر نحو در انجام پروژه به من کمک کردند، تشکر به عمل می‌آورم و آرزوی سلامتی برای تمامی آن‌ها دارم.

چکیده

تولید انرژی الکتریکی، بی تردید یکی از اساسی‌ترین مسائل زندگی امروزی است، به طوری که زندگی بدون آن غیر قابل تصور است. توربین گازی به عنوان محرک اصلی در نیروگاه‌های فسیلی و سیکل-ترکیبی یکی از عوامل اصلی تداوم تولید انرژی است. صحت عملکرد توربین مسئله ای پر اهمیت در صنعت نیروگاهی است، اهمیت این مسئله به این دلیل است که عملکرد نادرست توربین نه تنها سبب کاهش بازده نیروگاه بلکه می‌تواند سبب آسیب‌دیدگی و از کار افتادن آن شود و هزینه های سنگینی را به صاحبان صنایع تحمیل کند. به این ترتیب پایش وضعیت توربین گازی یک عمل منطقی و پیشگیرانه برای جلوگیری از ضررهای ناشی از عملکرد نادرست توربین است. در این نوشتار طراحی یک سیستم پایش وضعیت به منظور تشخیص خطاهای رایج یک توربین گاز با استفاده از اطلاعات موجود در داده سنسورهای دمای تعبیه شده در آن و با استفاده از سنسورنرم و روش تصمیم گیری آستانه تطبیقی مورد مطالعه قرار گرفته است. توربین گازی مورد مطالعه، یک شبیه ساز است، این شبیه ساز توسط یک گروه تحقیقاتی تحت نظارت پروفسور پاتن[1] و با همکاری پروفسور سیمانی[2] طراحی شده و به عنوان یک شبیه ساز مرجع در بسیاری از تحقیقات مشابه سال‌های اخیر با هدف تشخیص خطا در توربین گاز مورد استفاده قرار گرفته است. مقایسه نتایج این نوشتار با نتایج آخرین کار انجام شده در این زمینه در سال ۲۰۱۲ نشان از برتری سیستم طراحی شده در این نوشتار دارد. سیستم طراحی شده علاوه بر سادگی، حساسیت به مراتب بیشتری در تشخیص خطا دارد و این امر سبب افزایش ضریب اطمینان آن می‌شود.

کلید واژه: آستانه تطبیقی، پایش وضعیت، توربین گاز، تشخیص و شناسایی خطا، سنسور نرم.

[1] Patton
[2] Simani

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۹

۱-۱- مقدمه ۱۰

۱-۲- اهمیّت و ضرورت انجام تحقیق ۱۱

۱-۳- اهداف تحقیق ۱۱

۱-۴- فصل‌بندی پایان نامه ۱۲

فصل ۲- توربین گاز ۱۳

۲-۱- مقدمه ۱۴

۲-۲- اصول عملکرد توربین گازی ۱۵

۲-۳- ساختمان و اجزاء ۱۶

۲-۳-۱- ورودی هوا ۱۶

۲-۳-۲- کمپرسور ۱۷

۲-۳-۳- اتاق احتراق ۱۸

۲-۳-۴- توربین ۱۹

۲-۳-۵- اگزوز ۲۰

۲-۴- رخ داد خطا ۲۱

۲-۴-۱- خطاهای متداول ۲۱

۲-۴-۲- بررسی تعدادی از خطاهای متداول ۲۳

۲-۴-۲-۱- خوردگی شیر سوخت بر اثر اصطکاک ۲۳

۲-۴-۲-۲- ترک‌خوردگی پره‌های توربین و کمپرسور ۲۴

۲-۴-۲-۳- خطای سنسور ترموکوپل ۲۵

۲-۴-۲-۴- آسیب‌دیدگی نشت بند ۲۵

۲-۵- شبیه‌ساز توربین گاز ۲۶

فصل ۳- تشخیص و شناسایی خطا ۲۹

۳-۱- مقدمه ۳۰

۳-۲- انواع خطا ۳۳
۳-۳- روش‌های تشخیص خطا ۳۶
فصل ۴- سنسور نرم ۳۹
۴-۱- مقدمه ۴۰
۴-۲- سنسور نرم ۴۲
۴-۲-۱- سنسورهای نرم بر اساس مدل و داده ۴۲
۴-۲-۲- روش طراحی سنسور نرم ۴۳
۴-۲-۲-۱- بازرسی اولیه داده ۴۳
۴-۲-۲-۲- پیش پردازش داده ۴۴
۴-۲-۲-۳- انتخاب مدل، آموزش و ارزیابی ۴۵
۴-۲-۲-۴- نگهداری سنسور نرم ۴۵
۴-۳- کاربردهای سنسور نرم ۴۶
۴-۳-۱- پیش بینی برخط ۴۶
۴-۳-۲- پایش وضعیت و تشخیص خطا ۴۶
۴-۳-۳- تشخیص خطای سنسور و رفع آن ۴۷
۴-۴- روش‌های طراحی سنسور نرم بر اساس داده ۴۷
۴-۴-۱- شبکه های عصبی ۴۷
۴-۴-۲- سیستم‌های فازی عصبی ۴۸
۴-۴-۳- دستگاه بردار پشتیبان ۴۸
فصل ۵- آستانه تطبیقی ۴۹
۵-۱- مقدمه ۵۰
۵-۲- تشخیص غیرمقاوم خطا ۵۱
۵-۳- تشخیص مقاوم خطا ۵۱
۵-۳-۱- آستانه تطبیقی ۵۳
۵-۳-۲- آستانه تطبیقی فازی ۵۴
۵-۳-۳- مدل سازی خطای مدل ۵۶
فصل ۶- شبیه‌سازی ۵۹
۶-۱- مقدمه ۶۰
۶-۲- پایش وضعیت حرارتی توربین گاز ۶۰
۶-۲-۱- طراحی سنسور نرم ۶۱

۶-۲-۱-۱- شبکه عصبی پیشرو چند لایه ۶۱
۶-۲-۱-۲- پس انتشار خطا به روش لونبرگ مارکوات ۶۳
۶-۲-۱-۳- انتخاب ورودی برای سنسور نرم ۶۴
۶-۲-۲- تشخیص خطا ۶۵
۶-۲-۲-۱- ارزیابی مانده با استفاده از سیستم فازی ۶۶
۶-۲-۲-۲- آستانه تطبیقی با کمک سیستم فازی ۶۷
۶-۳- مقایسه با مرجع [۷۷] ۷۷
فصل ۷- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات ۸۱
۷-۱- نتیجه‌گیری ۸۲
۷-۲- پیشنهادات ۸۲
ضمیمه أ -مقالات پذیرفته شده ۸۵
ضمیمه ب -شناسایی توربین گاز V94.2 زیمنس ۸۷
فهرست مراجع ۱۰۹
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۱۵
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۱۱۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۶ - ۱ مقدار تابع معیار MSE به ازای داده های تست به همراه تعداد نرون در لایه میانی.....۶۵
جدول ۶ - ۲ بهترین سنسور برای پایش در مدهای مختلف به ازای خطاهای مختلف.....۶۶
جدول ۶ - ۳ پایگاه قواعد سیستم‌های فازی. ۷۰
جدول ۶ - ۴ پارامتر سیستم‌های فازی. ۷۰
جدول ۶ - ۵ مقایسه نتایج..... ۷۹

جدول ب - ۱ مشخصات داده‌های توربین گازی..... ۸۹
جدول ب - ۲ محاسبه **τm**..... ۹۴
جدول ب - ۳ محدوده نرخ نمونه برداری برای خروجی‌ها. ۹۵
جدول ب - ۴ وابستگی خروجی‌ها به ورودی/خروجی‌ها بر حسب تعداد نمونه و به ازا نرخ‌های نمونه برداری متفاوت.....۹۶
جدول ب - ۵ مقایسه مدل‌های مختلف بر اساس بیشترین معیار *Fitness* بر حسب درصد.....۱۰۳
جدول ب - ۶ مقایسه مدل‌های مختلف بر اساس کمترین معیار *MSE* ۱۰۴
جدول ب - ۷ مقدار کمترین معیار *MSE* بر حسب تعداد نرون در لایه میانی در *Fold* های مختلف. ۱۰۵
جدول ب - ۸ مقدار کمترین معیار *MSE* بر حسب تعداد نرون در لایه میانی در *Fold* های مختلف. ۱۰۶
جدول ب - ۹ معیار *MSE* به همراه معیار *Fitness* برای دقیق‌ترین مدل‌های غیر خطی.....۱۰۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲ - ۱ توربین گازی[۱۱]. ۱۵
شکل ۲ - ۲ نمای شماتیکی توربین گازی[۱۲]. ۱۶

شکل ۳ - ۱ مناطق کاری سیستم[۲۳]. ۳۱
شکل ۳ - ۲ فرآیند تشخیص خطا و تنظیم کنترل‌کننده بر اساس آن[۲۱]. ۳۱
شکل ۳ - ۳ انواع خطا بر حسب مکان وقوع[۲۳]. ۳۴
شکل ۳ - ۴ انواع خطا بر حسب چگونگی رخداد[۲۱]. ۳۵
شکل ۳ - ۵ تشخیص خطا با سخت‌افزار اضافی[۲۷]. ۳۶
شکل ۳ - ۶ تشخیص خطا با استفاده از روش‌های مبتنی بر داده[۲۷]. ۳۷
شکل ۳ - ۷ تشخیص خطا با استفاده از ایده مبتنی بر مدل [۱۵]. ۳۸

شکل ۴ - ۱ مراحل طراحی سنسور نرم[۳۱]. ۴۳

شکل ۵ - ۱ نمایش نحوه تغییر آستانه فازی[۶۱]. ۵۵
شکل ۵ - ۲ طرح کلی سیستم تشخیص خطا با تطبیقی کردن آستانه به کمک منطق فازی[۶۱]. ۵۵
شکل ۵ - ۳ مدل‌سازی خطای مدل، الف : آموزش مدل خطا، ب : تشکیل مرکز اطمینان[۶۱]. ۵۷

شکل ۶ - ۱ شمای سیستم طراحی شده برای پایش وضعیت حرارتی توربین گاز. ۶۰
شکل ۶ - ۲ یک شبکه عصبی پیشرو با یک لایه پنهان. ۶۲
شکل ۶ - ۳ شمای کلی ارزیابی مانده با استفاده از سیستم فازی[۷۶]. ۶۶
شکل ۶ - ۴ تغییرات مشخصه انحراف معیار یک سیگنال مانده در زمان کارکرد طبیعی و رخ داد خطا در توربین. ۶۷
شکل ۶ - ۵ سیستم طراحی شده برای تولید آستانه تطبیقی و تشخیص خطا. ۶۸
شکل ۶ - ۶ توابع تعلق متغیر های ورودی، خروجی سیستم‌های فازی. ۶۹

شکل ۶ - ۷ توابع تعلق سیستم‌های فازی در مد *Init1*، توابع تعلق الف) سیستم فازی تولید کننده *b*؛ ب) سیستم فازی تولید کننده *z*؛ ج) سیستم فازی تولید کننده *n*؛ د) سیستم فازی تولید کننده *Alarm threshold*. ۷۱

شکل ۶ - ۸ توابع تعلق سیستم‌های فازی در مد *Init2*، توابع تعلق الف) سیستم فازی تولید کننده *b*؛ ب) سیستم فازی تولید کننده *z*؛ ج) سیستم فازی تولید کننده *n*؛ د) سیستم فازی تولید کننده *Alarm threshold*. ۷۲

شکل ۶ - ۹ توابع تعلق سیستم‌های فازی در مد *Init3*، توابع تعلق الف) سیستم فازی تولید کننده *b*؛ ب) سیستم فازی تولید کننده *z*؛ ج) سیستم فازی تولید کننده *n*؛ د) سیستم فازی تولید کننده *Alarm threshold*. ۷۲

شکل ۶ - ۱۰ سیگنال مانده به همراه آستانه تطبیقی در مد کاری*Init1* ، الف) خطای یک؛ ب) خطای دو؛ ج) خطای سه؛ د) خطای چهار. ۷۳

شکل ۶ - ۱۱ سیگنال مانده به همراه آستانه تطبیقی در مد کاری*Init2* ، الف) خطای یک؛ ب) خطای دو؛ ج) خطای سه؛ د) خطای چهار. ۷۳

شکل ۶ - ۱۲ سیگنال مانده به همراه آستانه تطبیقی در مد کاری*Init3* ، الف) خطای یک؛ ب) خطای دو؛ ج) خطای سه؛ د) خطای چهار. ۷۴

شکل ۶ - ۱۳ سیگنال آلارم خطاهای مختلف در مد کاری*Init1* ، الف) خطای یک؛ ب) خطای دو؛ ج) خطای سه؛ د) خطای چهار. ۷۴

شکل ۶ - ۱۴ سیگنال آلارم خطاهای مختلف در مد کاری*Init2* ، الف) خطای یک؛ ب) خطای دو؛ ج) خطای سه؛ د) خطای چهار. ۷۵

شکل ۶ - ۱۵ سیگنال آلارم خطاهای مختلف در مد کاری*Init3* ، الف) خطای یک؛ ب) خطای دو؛ ج) خطای سه؛ د) خطای چهار. ۷۵

شکل ۶ - ۱۶ فلوچارت سیستم پایش وضعیت طراحی شده. ۷۶

شکل ۶ - ۱۷ فلوچارت بخش "تصمیم گیری درباره وضعیت سیستم". ۷۷

شکل ب - ۱ نمایش داده های خام. ۹۰

شکل ب - ۲ نتیجه آنالیز اتوکرولیشن خروجی ۱ و کرولیشن بین خروجی ۱ و ورودی ۱و ۲. ۹۲

شکل ب - ۳ نتیجه اعمال رابطه ۲ به داده های خروجی. ۹۴

شکل ب - ۴ نتیجه آنالیز اتوکورولیشن خروجی ۱ و کورولیشن بین خروجی ۱ و ورودی/خروجی‌ها ، با نرخ نمونه برداری ۳۲ ثانیه (حد پایین Ts از جدول ۴ برای خروجی ۱). ۹۵

شکل ب - ۵ طیف فرکانسی داده‌ها. ۹۷

شکل ب - ۶ نمایش نمودار دامنه و فاز فیلتر..... ۹۸
شکل ب - ۷ نمایش مدل‌های بدست آمده برای شناسایی سیستم بر اساس آنالیز کورولیشن. ۹۹
شکل ب - ۸ نمایش بلوکی مدل ARX [۷۹]..... ۱۰۰
شکل ب - ۹ نمایش بلوکی مدل $ARMAX$ [۷۹]. ۱۰۱
شکل ب - ۱۰ نمایش بلوکی مدل $ARARX$ [۷۹]..... ۱۰۱
شکل ب - ۱۱ نمایش بلوکی مدل $ARARMAX$ [۷۹]..... ۱۰۲
شکل ب - ۱۲ نمایش بلوکی مدل OE [۷۹]..... ۱۰۲
شکل ب - ۱۳ نمایش بلوکی مدل BJ [۷۹]..... ۱۰۳
شکل ب - ۱۴ مقایسه خروجی مدل‌های بدست آمده با خروجی توربین گاز به ازای خروجی‌های مختلف. ۱۰۷

فصل ۱– مقدمه

۱-۱- مقدمه

توربین گاز یک بخش حیاتی برای عملکرد بسیاری از سیستم‌ها مانند نیروگاه، هواپیما، وسایل نقلیه سنگین نظامی و کشتی‌ها است[۱]. یک توربین گاز را می‌توان به عنوان یک ماشین بسیار گران قیمت و پیچیده در نظر گرفت. به عنوان مثال، مجموعه قطعات موجود در بخش‌های مختلف یک توربین گاز می‌تواند به عددی بالغ بر ۲۰،۰۰۰ برسد، قیمت توربین‌های سنگین[1] در حدود چندین میلیون دلار است. چنین ماشین گران قیمتی می‌تواند به راحتی بر اثر به وجود آمدن یک خطا[2] در قطعات آن از بین برود[۲]. همچنین هزینه تعمیرات و نگهداری آن نیز بسیار زیاد است. در گذشته برای نگه داری توربین گاز، توربین را در بازه های زمانی ثابت از کار نگه داشته و با انجام فعالیت‌های پیشگیرانه از رخ داد خطا های شدید در آن جلوگیری می‌کردند. در سال‌های اخیر کارخانجات تولید توربین سعی در طراحی یک سیستم پایش وضعیت بر اساس بهره گیری از روش‌های هوشمند داشته‌اند تا با کمک آن بتوانند میزان سلامت قطعات توربین گاز را در حین عملکرد آن بررسی کنند. در چنین حالتی نیاز به انجام فرآیند تعمیر و نگه داری توسط سیستم پایش وضعیت مشخص می‌شود. مزیت مهم طراحی چنین سیستمی رسیدگی به عیب‌های به وجود آمده در توربین، در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. یک سیستم پایش وضعیت معمولاً بر اساس پردازش داده سنسور های تعبیه شده در سیستم کار می‌کند. این سیستم خطاهایی که در توربین رخ می‌دهد را به صورت خودکار تشخیص می‌دهد. به فرآیند پایش کردن یک یا چند کمیت موجود در قطعات مختلف یک ماشین پایش وضعیت گفته می‌شود[۳] . عملیات پایش به گونه‌ای انجام می‌شود که یک تغییر معنی دار نشان دهنده یک خطا در حال توسعه به سرعت آشکار شود.

هدف اصلی پایش وضعیت بهینه سازی هزینه نگهداری سیستم‌های گران قیمت است. به طور کلی سه شیوه نگهداری وجود دارد[۳].

۱. کار کردن تا از کارافتادگی: در این روش سیستم تا زمانی که از کار باز نماند مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۲. پیشگیری: فرآیند تعمیر و نگهداری در بازه های زمانی مشخص انجام می‌شود.
۳. بر اساس وضعیت: فرآیند تعمیر و نگهداری در زمانی که سیستم واقعاً به آن احتیاج دارد انجام می‌شود.

---

[1] Heavy Duty
[2] Fault

روش اول دارای معایب زیادی است، قطعه آسیب دیده در درون سیستم می‌تواند سبب ایجاد خرابی در سایر قطعات شود، گاهی می‌تواند سبب از کار افتادن کل سیستم شود. همچنین ممکن است بروز خرابی در زمانی باشد که بیشترین نیاز به سیستم نیز در همان زمان باشد. روش دوم برای مدت مدیدی به عنوان روش اصلی استفاده می‌شد. این روش نیز دارای معایبی است، به عنوان مثال ممکن است خرابی در بازه های زمانی از پیش تعیین شده رخ ندهد و در فاصله ای بین دو فرآیند تعمیر و نگهداری متوالی رخ دهد. همچنین در این روش ممکن است فرآیند تعمیر و نگهداری در حالتی که به آن نیاز نیست انجام شود که این امر می‌تواند سبب تحمیل ضرر مالی و از دست رفتن زمان برای صاحبان صنایع شود. در روش سوم، فرآیند تعمیر و نگهداری تنها در زمانی که واقعاً نیاز باشد انجام می‌شود، به این ترتیب صاحبان صنایع دیگر با مشکلات ناشی از دو روش قبلی مواجه نخواهند شد.

۱-۲- اهمیّت و ضرورت انجام تحقیق

با توجه به مسائل مطرح شده در بخش قبل می‌توان گفت که طراحی یک سیستم که توانایی تشخیص زمان رخ داد و تفکیک خطاهای ممکن از یکدیگر را داشته باشد امری بسیار حیاتی برای صاحبان صنایع با هزینه های سنگین است. با توجه به نقش توربین گاز در صنایع مختلف و هزینه های زیاد ناشی از خرید و نگهداری آن و تأثیرات ناشی از کار افتادگی آن، طراحی یک سیستم پایش وضعیت برای ارزیابی صحت عملکرد آن بسیار حیاتی جلوه می‌کند. به این ترتیب با توجه به مزایایی که طراحی یک سیستم پایش وضعیت توربین گاز برای کشور می‌تواند داشته باشد و با هدف بومی سازی این دانش، پایان نامه حاضر با همکاری بین گروه صنعتی مپنا و دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی به سرانجام رسید.

۱-۳-اهداف تحقیق

در این پایان نامه پایش وضعیت یک توربین گاز با استفاده از داده‌هایی که سنسور های دما تعبیه شده در آن تولید می‌کنند مورد مطالعه قرار می‌گیرد. به دلیل عدم در دسترس بودن داده های یک توربین گاز واقعی از یک شبیه ساز برای تولید داده‌ها استفاده شده است. شبیه ساز مورد نظر برای توربین گاز سنگین V94.2 شرکت زیمنس تولید شده است[۴]، این شبیه ساز توانایی تولید چهار نوع عیب رایج در توربین‌های گازی را در سه نقطه کار مختلف دارا می‌باشد.

به کمک سیستمی که در این پایان نامه مطرح می‌شود می‌توان سیستم پایش وضعیتی با قابلیت تشخیص رخ دادن خطا در کوتاه‌ترین زمان طراحی کرد. ایده‌ی مطرح شده در این پایان نامه برای طراحی سیستم پایش وضعیت، یک طرح تشخیص و شناسایی خطا مبتنی بر چندین مدل است. مدل‌ها