بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه پیام نور

مرکز تهران

گروه علمی مهندسی صنایع

عنوان پایان نامه :

بررسی و بهینه سازی انرژی بر روی توربین گاز از طریق آنالیز قابلیت اطمینان

نگارش : **راضیه بهجت**

استاد راهنما : **جناب آقای دکتر وحید ابراهیمی پور**

استاد مشاور : **جناب آقای دکتر کامران رضایی**

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی صنایع – مهندسی صنایع

بهمن ۸۹

تقدیم به پدر عزیز و مادر مهربانم که بی‌شک بی‌حمایت و پشتیبانی آنها رسیدن به این مرحله از زندگی برایم غیر ممکن بود. باشد که بدین وسیله بتوانم قدردان گوشه کوچکی از زحمات بیکران و محبت‌های بی‌انتهایشان باشم.

تقدیم به همسر عزیزم، به خاطر تمام محبت‌ها، دلگرمی‌ها، تشویق‌ها و حمایتش ...

تشکر و قدردانی:

با تشکر و سپاس فراوان از راهنمایی‌ها و الطاف بی‌دریغ استاد عزیز و ارجمند جناب آقای دکتر ابراهیمی‌پور که مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نمودند. همچنین در اینجا لازم می‌دانم از همه افرادی که با حمایت‌هایشان به نوعی در اجرای این تحقیق مؤثر واقع شده‌اند قدردانی نمایم.

لازم به ذکر است که این پایان‌نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت انتقال گاز ایران اجرا گردیده است.

چکیده

محدود بودن منابع انرژی و افزایش روز افزون تقاضای انرژی در بخش‌های صنعتی موجب شده تا بررسی در زمینه بهینه‌سازی انرژی انجام شود. صنایع بزرگ و پیچیده‌ای مانند صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاه‌های برق مقادیر قابل ملاحظه‌ای انرژی را به مصرف می‌رسانند. در این صنایع انرژی بر دستگاه‌هایی همانند کوره‌ها، دیگهای بخار و پس از آنها دستگاه‌های دوار مانند توربین‌ها، کمپرسورها و پمپ‌ها بیشترین سهم را در مصرف انرژی به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین ارزیابی قابلیت‌اطمینان این دستگاه‌ها باید نسبت به دیگر دستگاه‌های مصرف کننده انرژی در اولویت کاری قرار گیرد.

تاسیسات تقویت فشار گاز جهت تامین فشار مورد نیاز برای انتقال گاز از نقطه‌ای به نقطه دیگر طراحی شده‌اند.

بنابراین با توجه به گستره و اهمیت فعالیت توربین‌ها و کمپرسورها در این تاسیسات بالطبع خرابی‌های عملیاتی آنها نیز دارای دامنه وسیع و متنوعی می‌باشد. مشکلات عملیاتی توربین‌های گاز می‌توانند ابزاردقیقی، برقی یا مکانیکی باشند. لکن، بسیاری از این خرابی‌ها ذاتاً به یکدیگر مرتبط بوده و ریشه‌یابی علت صحیح خطا نیازمند در نظر گرفتن علائم و پارامترهای متعدد توربین گاز می‌باشد ولی به علت رفتار غیرخطی و متغیر توربین در طول زمان و اطلاعات غیردقیق و گنگ، بررسی حالت‌های خرابی توربین توسط معادلات دقیق ریاضی بسیار دشوار است و برای یافتن این علل خرابی به نیروی انسانی تحصیل کرده، با تجربه و خبره نیازمند است. اما انجام این فرآیند عیب‌یابی توسط نیروی انسانی نه تنها زمان‌بر می‌باشد بلکه خطای انسانی در آن می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات نادرست و کاهش قابلیت‌اطمینان سیستم شود. از این رو استفاده از سیستم‌های هوشمند تصمیم‌گیری (خبره) که بتواند با تقلید قابلیت تصمیم‌گیری افراد خبره، به عیب‌یابی توربین‌های گاز بپردازد و علل خرابی صحیح را در زمان قابل قبول ارائه نماید، بسیار موثر می‌باشد و می‌تواند با کاهش زمان تعمیرات[1]، پیگیری خرابی

[1] Repair time

در مراحل ابتدایی و کاهش هزینه‌های تعمیرات، در بهبود سیاست‌های تعمیرات و نگهداری بسیار مفید باشد و قابلیت اطمینان دستگاه و تاسیسات را افزایش داده و موجب بهینه‌سازی بازده انرژی گردد. رویکرد نوین این مطالعه، اکتساب دانش و استخراج قواعد زبانی به منظور استفاده از ساختارهای هوشمند عیب‌یابی، از طریق در نظر گرفتن تأثیر متقابل حالت‌های خرابی بحرانی بر پارامترهای بهره‌برداری و مکانیکی توربین گاز می‌باشد. از سیستم هوشمند فازی برای عیب‌یابی مطالعه موردی این تحقیق، توربین گاز تاسیسات تقویت فشار گاز تنگ نی در منطقه ۶ عملیات انتقال گاز، استفاده شده است و جهت اعتبارسنجی علاوه بر مقایسه نتایج حاصل از عیب‌یابی این سیستم هوشمند فازی (برای ۱۷ مورد خرابی انتخاب شده تصادفی) با نتایج گزارشات خرابی موجود در واحد نگهداری و تعمیرات این تاسیسات، میزان خطای حاصل از بکارگیری این سیستم (MAPE & MSE) با میزان خطای حاصل از بکارگیری دو ساختار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی [1] و فازی- عصبی (نرو فازی) [2] نیز مقایسه می‌گردد. نتایج بدست آمده، عملکرد قابل قبول این سیستم هوشمند فازی را برای عیب‌یابی توربین گاز مورد مطالعه به خوبی تأیید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: توربین گاز، عیب‌یابی، سیستم هوشمند فازی، شبکه عصبی مصنوعی، نروفازی، قابلیت-اطمینان کیفی.

[1] Artificial Neural Network (ANN)
[2] Adaptive-Network based Fuzzy Inference Systems (ANFIS)

فهرست مطالب

فهرست جدول ها

فهرست نمودارها

فهرست شکل ها

فصل اول: کلیات مسئله و مرور ادبیات

۱-۱ مقدمه.....

۱-۲ طرح تحقیق و تعریف مسأله.....

۱-۳ ضرورت تحقیق.....

۱-۴ روش و الگوی تحقیق.....

۱ -۵ اهداف تحقیق.....

۱- ۶ سابقه انجام تحقیق.....

۱-۶-۱ توسعه و چند منظوره بودن یک مدل شبکه عصبی مصنوعی برای یک توربین گاز صنعتی .....

۱-۶-۲ ایجاد یک سیستم خبره به منظور بکارگیری نگهداری و تعمیرات مبتنی برقابلیت اطمینان در صنایع شیمیایی...

۱-۶-۳ کاربرد شبکه های عصبی در فرآیند تشخیص عیب.....

۱-۶-۴ سیستم عیب یابی یک توربین گاز صنعتی با استفاده از شبکه های عصبی .....

۱-۶-۵ عیب یابی پیشرفته موتور با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی.....

۱-۶-۶ مفهوم سیستم خبره برای عیبیابی و مانیتورینگ محفظه های احتراق توربین گاز.....

۱-۶-۷ بکارگیری روش طبقه بندی و درخت رگرسیون(CART) برای تحلیل نرخ خرابی پمپ .....

۱-۶-۸ عیب یابی پمپهای حرارتی بر اساس شناسایی پارامترها و روش دسته بندی .....

۱- ۷ رئوس مطالب .....

فصل دوم: توربین های گاز و حالت های خرابی آنها

۲-۱ مقدمه.....

۲-۲ تاریخچه .....
۲-۳ طبقه بندی توربین های گاز .....
۲-۴ توربینهای گازی صنعتی .....
۲-۴-۱ اجزا اصلی توربین گاز .....
۲-۴-۱-۱ کمپرسور .....
۲-۴-۱-۲ محفظه احتراق .....
۲-۴-۱-۳ توربین .....
۲-۴-۱-۴روتور .....
۲-۵- حالتهای خرابی توربین گاز .....
۲-۵-۱: پایگاه دادهای OREDA .....

فصل سوم: روش های عیب یابی و تعمیرات

۳-۱ مقدمه .....
۳-۲ سیستمهای سنتی نگهداری و تعمیرات .....
۳-۲-۱ نگهداری اصلاحی (CM) .....
۳-۲-۲ نگهداری پیشگیرانه (PM) .....
۳-۲-۳ نگهداری پیشبینانه .....
۳-۲-۴ نگهداری مبتنی بر وضعیت (CBM) .....
۳-۲-۵ نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) .....
۳-۳ سیستمهای نوین نگهداری و تعمیرات .....
۳-۳-۱ سیستمهای هوشمند (خبره) عیب یابی .....

فصل چهارم: سیستم های هوشمند (خبره) فازی

۴-۱ مقدمه .....

۴-۲ هوش مصنوعی .....
۴-۳ سیستمهای هوشمند (خبره) .....
۴-۳-۱ روش حل مسأله در سیستمهای هوشمند (خبره).....
۴-۴ مفاهیم فازی.....
۴-۴-۱ توابع عضویت.....
۴-۴-۱-۱ تابع عضویت مثلثی.....
۴-۴-۱-۲ تابع عضویت ذوزنقهای.....
۴-۴-۲ متغیرهای زبانی.....
۴-۴-۳ قواعد اگر-آنگاه فازی.....
۴-۴-۳-۱ قواعد استنتاج اساسی.....
۴-۵ سیستمهای فازی.....
۴-۵-۱ پایگاه قواعد.....
۴-۵-۲ موتور استنتاج .....
۴-۵-۳ فازی سازها.....
۴-۵-۴ غیر فازی سازها.....
۴-۶ سیستمهای هوشمند (خبره) فازی .....

فصل پنجم: مدل فازی ارائه شده برای حل مسئله

۵-۱ مقدمه.....
۵-۲ سیستم هوشمند (خبره) فازی عیب یابی توربینهای گاز .....
۵-۲-۱ پایگاه قواعد .....
۵-۲-۱-۱ آنالیز سیستماتیک حالتهای خرابی و اثرات آن (FMEA) .....
۵-۲-۱-۲ بکارگیری FMEA به منظور استخراج قواعد زبانی .....

۵-۲-۲ موتور استنتاج .....

۵-۲-۳ فازی ساز .....

۵-۲-۴ غیر فازی ساز .....

فصل ششم: مطالعه موردی و اعتبارسنجی ساختارهای هوشمند ارائه شده

۶-۱ مقدمه .....

۶-۲ منطقه ۶ عملیات انتقال گاز .....

۶-۲-۱ تاسیسات تقویت فشار گاز تنگ نی .....

۶-۳ مشخصات عمومی و فنی توربین گاز .....

۶-۴ شبیه سازی فرآیندی .....

۶-۵ بکارگیری سیستم هوشمند (خبره) فازی عیب یابی .....

۶-۵-۱ فازی سازی .....

۶-۵-۲ پایگاه قواعد .....

۶-۶ اعتبار سنجی ساختارهای هوشمند(خبره) .....

۶-۶-۱ اعتبار سنجی سیستم هوشمند فازی ارائه شده .....

۶-۶-۲ بکارگیری ساختار شبکه عصبی مصنوعی .....

۶-۶-۳ بکارگیری ساختار نروفازی .....

فصل هفتم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۷-۱ نتیجه گیری .....

۷-۲ پیشنهادات .....

۷-۳ مطالعات آتی .....

منابع و مآخذ

ضمائم

فهرست جدولها

جدول۲-۱: اثر خرابی هر یک از علل خرابی بر احتمال وقوع حالات خرابی استخراج شده

جدول ۵-۱: نمودار آنالیز سیستماتیک حالت خرابی خروجی نامنظم برای توربینهای گاز و تأثیر آنها بر پارامترهای بهره برداری با عبارات زبانی

جدول ۵-۲: قواعد زبانی استخراج شده بر اساس FMEA، برای حالت خرابی خروجی نامنظم

جدول ۶-۱: data sheet توربین گاز

جدول ۶-۲: بازه‌های عملیاتی پارامترهای توربین گاز مورد مطالعه براساس مدارک فنی

جدول ۶-۳: بازه‌های فازی پارامترهای عملیاتی توربین گاز مورد مطالعه

جدول ۶-۴: نتایج حاصل از عیب یابی سیستم هوشمند فازی ارائه شده در مقایسه با نتایج ثبت شده در گزارشات توسط پرسنل نگهداری و تعمیرات

جدول ۶-۵: مقایسه خطاهای مربوط به سه مدل فازی، عصبی و نروفازی ارائه شده

فهرست نمودارها

نمودار ۲-۱- مشخصات عملکردی توربین گاز در طول عمر آن

نمودار ۲-۲- نمودارهای فشار - حجم و دما – آنتروپی در سیکل برایتون

نمودار ۲-۳- تعیین محدوده کار کمپرسور بین نقاط surge و stone wall

نمودار ۳-۱- نحوه عمل سیستم نگهداری بر مبنای پایش وضعیت

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: شمای کلی ساختار هوشمند(خبره) ارائه شده برای عیب یابی توربین های گاز

شکل ۲-۱- برشی از یک توربین گازی صنعتی

شکل۲-۲- اجزای اصلی توربین گاز

شکل ۲-۳- وضعیت دما، فشار و جریان در عبور از قسمت های مختلف یک توربین جریان محوری در توربین گاز

شکل۲-۴– وضعیت دما، فشار و جریان در عبور از قسمت های مختلف یک کمپرسور جریان محوری در توربین گاز

شکل ۲-۵- محفظه احتراق حلقوی

شکل ۲-۶ : جدول دادهای OREDA شامل اطلاعات خرابی توربین های گاز صنعتی

شکل ۳-۱- مقایسه سه شیوه نگهداری اصلاحی، پیشگیرانه و پیشگویانه از نقطه نظر زمان- هزینه

شکل ۳-۲- بکارگیری استدلال پسرو برای عیب یابی یک فرآیند

شکل ۴-۱- عملکرد یک سیستم هوشمند (خبره)

شکل ۴-۲: شمای کلی یک سیستم فازی مبتنی بر قواعد

شکل ۵-۱: قواعد زبانی استخراج شده بر اساس FMEA، برای حالت خرابی خروجی نامنظم ، در قسمت Rule Editor نرم افزار MATLAB

شکل ۵-۲: افراز یک فضای ورودی دو- بعدی توسط توابع عضویت مثلثی

شکل ۶-۱: نمودار P & ID تاسیسات تقویت فشار گاز

شکل ۶-۲ (الف): تابع عضویت ذوزنقه ای برای پارامتر فرآیندی "فشار کمپرسور فشار قوی"

شکل ۶- ۲(ب): تابع عضویت ذوزنقه ای برای پارامتر فرآیندی "سرعت چرخش کمپرسور فشار قوی"

شکل ۶-۲ (پ): تابع عضویت ذوزنقه ای و مثلثی برای پارامتر فرآیندی "سطح روغن در تانک"

شکل ۶-۲ (ت): تابع عضویت ذوزنقه ای و مثلثی برای پارامتر فرآیندی "فشار سوخت"

شکل ۶-۲ (ث): تابع عضویت ذوزنقه ای برای پارامتر فرآیندی "دمای روغنکاری بیرینگ"

شکل ۶-۲ (ج): تابع عضویت ذوزنقه ای و مثلثی برای پارامتر فرآیندی "ارتعاش"

شکل ۶-۲ (چ): تابع عضویت ذوزنقه ای و مثلثی برای پارامتر فرآیندی "فشار روغن ورودی"

شکل ۶-۲ (ح): تابع عضویت ذوزنقه ای و مثلثی برای پارامتر فرآیندی "دمای گاز خروجی از توربین"

شکل ۶-۳: تابع عضویت منفرد برای متغیر خروجی "علت خرابی"، در حالت خرابی خروجی نامنظم

شکل ۶-۴: قواعد حالت خرابی خروجی نامنظم در rule viewer screen نرم افزار MATLAB

شکل ۶-۵: ساختار عمومی شبکه‌های MLP

شکل ۶-۶: نمودار رگرسیون شبکه عصبی مصنوعی شبیه سازی شده

شکل ۶-۷: نمودار رگرسیون برای ساختار نروفازی ارائه شده

فصل اول

کلیات مسئله و مرور ادبیات

۱-۱ مقدمه

در این فصل مفاهیم کلی و مرور ادبیات مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. در ابتدا سعی گردیده مسئله مورد تحقیق تعریف شده و تصویر روشنی از آن ارائه گردد. پس از آن ضرورت انجام تحقیق بیان شده است، و در ادامه اهدافی که تحقیق حاضر آنها را دنبال می‌کند، مورد بحث قرار گرفته است. در پایان نیز مروری بر مطالعات انجام شده در این زمینه ارائه شده است.

۱-۲ طرح تحقیق و تعریف مسأله

تاسیسات تقویت فشار گاز جهت تامین فشار مورد نیاز برای انتقال گاز از نقطه‌ای به نقطه دیگر طراحی شده‌اند و برای انجام هدف نهایی خود از یک پروسه از پیش طراحی شده تبعیت می‌کنند. این پروسه به تجهیزات و تاسیساتی تحت عنوان تجهیزات و تاسیسات اصلی و کمکی نیاز دارد.

توربوکمپرسورها فشار گاز را افزایش داده و در نهایت باعث حرکت گاز در خطوط لوله می‌شوند. این تجهیزات، تجهیزات اصلی هستند که مستقیماً با فرآیند فشرده‌سازی گاز در ارتباط می‌باشند.

افزایش فشار و تراکم گاز در تاسیسات تقویت فشار گاز توسط کمپرسور گاز انجام می‌شود. کمپرسور گاز با چرخش به دور مرکز خود گاز را فشرده می‌نمایند. لذا برای چرخاندن کمپرسور گاز، با دور و توان بالا، به وسیله‌ای نیاز داریم تا توان و قدرت کافی جهت چرخش کمپرسور گاز ایجاد نماید. الکتروموتور و توربین گاز دو تجهیزی هستند که امکان فوق را برایمان ایجاد می‌کنند. استفاده از توربین گاز به دلیل مزایای بیشتر متداول‌تر می‌باشد.

بسیاری از حوادث در این صنعت از قبیل آتش‌سوزی و انفجار یا حتی توقفات برخی از تجهیزات منجر به خسارت‌های عظیم می‌شود، و این عموماً به علت خرابی قطعات ماشین‌آلات بکار رفته در فرآیندها (کمپرسورها، توربین‌ها، پمپ‌ها و...) می‌باشد [۱]. شناخت چرایی و چگونگی این خرابی‌ها به منظور پیشگیری از وقوع آنها، در بالا بردن قابلیت‌اطمینان کیفی سیستم، بهینه کردن عملکرد فرآیند و سودآوری آن، مهم و حیاتی است.

از این رو، در سال‌های اخیر متخصصان درصدد شناخت عملکرد تجهیزات اصلی و کمکی و بررسی تأثیر آنها بر رفتار فرآیند در جهت فراهم آوردن یک دیدگاه ساختار یافته و عملیاتی برای ایجاد یک استراتژی رضایت بخش نگهداری و تعمیرات برآمده‌اند [۲].

در تاسیسات تقویت فشار گاز، نیروگاه‌ها و...، با توجه به گستره و اهمیت فعالیت توربین‌ها و کمپرسورها بالطبع خرابی‌های عملیاتی آنها نیز دارای دامنه وسیع و متنوعی می‌باشد. در حالیکه به علت رفتار غیرخطی و متغیر توربین در طول زمان و اطلاعات غیردقیق و گنگ، بررسی حالت‌های خرابی توربین توسط معادلات دقیق ریاضی بسیار دشوار است و برای یافتن این علل خرابی به نیروی انسانی تحصیل کرده، با تجربه و خبره نیازمند می‌باشد. اما انجام این فرآیند عیب‌یابی توسط نیروی انسانی نه تنها فرآیندی زمان‌بر است بلکه خطای انسانی درآن می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات نادرست و کاهش قابلیت‌اطمینان سیستم شود. از این رو استفاده از سیستم‌های هوشمند تصمیم‌گیری (خبره) که بتواند با تقلید قابلیت تصمیم‌گیری افراد خبره، به عیب‌یابی توربین-های گاز بپردازد و علل خرابی صحیح را در زمان قابل قبول ارائه نماید، بسیار موثر می‌باشد و می‌تواند با کاهش زمان تعمیرات[1]، پیگیری خرابی در مراحل ابتدایی و کاهش هزینه‌های تعمیرات، در بهبود سیاست‌های نگهداری و تعمیرات بسیار مفید باشد [۳] و قابلیت‌اطمینان کیفی دستگاه و تاسیسات را افزایش دهد.

با توجه به افزایش قابلیت‌اطمینان کیفی و این مطلب که مصرف انرژی در یک فرآیند یا دستگاه، مقداری ویژه آن دستگاه یا فرآیند بوده و به عواملی مانند طراحی دستگاه یا فرآیند، قابلیت‌اطمینان دستگاه، فناوری بکار رفته در ساخت دستگاه و نیز چگونگی بکارگیری آن دستگاه در فرآیند بستگی دارد، می‌توان بهینه‌سازی بازده انرژی آن دستگاه را نتیجه گرفت.

بنابراین نشان خواهیم داد که عیب‌یابی توربین گاز از طریق منطق فازی[2] منجر به افزایش قابلیت‌اطمینان کیفی توربین گاز و در نتیجه بهینه‌سازی مصرف انرژی خواهد شد.

[1] Repair time
[2] Fuzzy logic

۱-۳ ضرورت تحقیق

محدود بودن منابع انرژی از یکسو و افزایش روز افزون تقاضای انرژی در بخش‌های صنعتی از سوی دیگر موجب شده تا بررسی در زمینه بهینه‌سازی انرژی انجام شود. امروزه مصرف انرژی شاخصی اساسی و راهبردی در اقتصاد کشورها به شمار آمده و رشد اقتصادی هر کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به گونه‌ای که رشد تولید ناخالص ملی و در نتیجه وضعیت اقتصادی هر کشور وابستگی زیادی به سرانه مصرف انرژی در آن کشور پیدا کرده است. هزینه‌های انرژی و هزینه‌های تعمیرات، بخش قابل ملاحظه‌ای از کل هزینه‌های عملیاتی هر واحد صنعتی را به خود اختصاص داده و به عنوان پارامترهای قابل کنترل، میزان سوددهی صنایع را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

صنایع بزرگ و پیچیده‌ای مانند صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاه‌های برق مقادیر قابل ملاحظه‌ای از انرژی را به مصرف می‌رسانند. از این رو، ادامه کار و بقای چنین صنایعی به کنترل مصرف انرژی در آنها بستگی خواهد داشت. در این صنایع دستگاه‌هایی همانند کوره‌ها، دیگ‌های بخار و پس از آنها دستگاه‌های دوار مانند توربین‌ها، کمپرسورها و پمپ‌ها بیشترین سهم را در مصرف انرژی و هزینه‌های تعمیرات به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین ارزیابی قابلیت‌اطمینان این دستگاه‌ها باید نسبت به دیگر دستگاه‌ها در اولویت کاری قرار گیرد، تا در نهایت با عیب‌یابی توربوکمپرسور و تعیین شاخص‌های قابلیت‌اطمینان و روش‌های بهبود سیستمی آن، برای کاهش هزینه‌های تعمیراتی و بالطبع کاهش مصرف انرژی آنها اقدام کرد.

بنابراین برای تشخیص خرابی و مشکلات مربوط به توربین‌ها به نیروی انسانی باتجربه با دانش فنی بالا نیاز می‌باشد، استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری هوشمند (خبره) به منظور عیب‌یابی توربین‌های گاز و توصیه اقدامات اصلاحی جهت رفع خرابی آنها می‌تواند با اتخاذ تصمیم صحیح (با کاهش زمان تعمیرات[1]، پیگیری خرابی در مراحل ابتدایی، جلوگیری از هزینه‌های ارتقاء[2] غیرضروری دستگاه‌ها) نقش عمده‌ای در کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات و وابستگی به نیروی کار انسانی در این صنعت داشته باشد و موجب افزایش قابلیت‌اطمینان کیفی و کاهش میزان مصرف انرژی شود.

[1] Repair time
[2] Upgrade

علت بکارگیری سیستم‌های خبره[1]، ثبت حجم بالایی از اطلاعات در زمینه خاص و استفاده از آنها به منظور ارائه راه‌حل مشکلات، می‌باشد. سیستم‌های خبره دچار خستگی، هیجان و فرسودگی نمی‌شوند، پیچیدگی داده‌ها بر دقتشان اثر ندارد و در شرایط ثابت از قابلیت‌اطمینان کیفی و سرعت بیشتری (نسبت به فرد خبره) برخوردار هستند. علاوه بر آن، سیستم‌های هوشمند (خبره) همیشه ماندنی هستند و می‌توان از دانش و تجربه موجود در آنها برای آموزش نیروی انسانی استفاده کرد [۴].

۱-۴ روش و الگوی تحقیق

یک سیستم هوشمند (خبره) شامل دو قسمت اصلی پایگاه دانش (مجموعه‌ای ازداده‌ها، اطلاعات و قوانین در ارتباط با مسأله مورد بررسی که از طریق افراد خبره یا توسط تحقیقات کسب شده‌اند) و موتور استنتاج (فرآیند استدلال افراد خبره را شبیه‌سازی می‌کند و به طور کلی کنترل و ارائه حل مسأله را به عهده دارد) می‌باشد. سیستم‌های هوشمند (خبره) با شبیه‌سازی توانایی حل مسأله در افراد خبره، از طریق استفاده از داده‌های موجود در پایگاه دانش و بکارگیری قوانین ویژه برای تعبیر این داده‌ها، به حل مسأله می‌پردازند.

در این مطالعه، اکتساب دانش[2] به منظور ایجاد پایگاه قواعد (پایگاه دانش)، که هسته یک سیستم هوشمند (خبره) می‌باشد بدین صورت انجام می‌گیرد که: ابتدا حالت‌های مختلف خرابی توربین گاز صنعتی بر اساس طبقه بندی پایگاه داده‌ای OREDA [3] (پایگاه داده‌ای فراگیر شامل داده‌های قابلیت‌اطمینان (پایایی) و نگهداری و تعمیرات انواع تجهیزات و شرایط عملیاتی در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی) در نظر گرفته می‌شوند، پس از انتخاب چند مورد از حالت‌های خرابی با بیشترین نرخ خرابی، به استخراج علل بروز حالت‌های خرابی در نظر گرفته شده در مهمترین اجزاء اصلی توربین گاز (کمپرسور، محفظه احتراق و توربین) پرداخته و با استخراج دانش از پرسنل و مهندسین خبره نگهداری و تعمیرات، دستور العمل عیب‌یابی سازنده توربین[4] و کتب مرجع[1] توربین،

[1] Expert systems
[2] Knowledge acquisition
[3] OREDA handbook
[4] Turbine troubleshooting