پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۷ ، بهار ۱۳۹۸، ص ۶۳- ۵۵

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

فصلنامه علمی پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع (سال پنجم)
شماره ۱۷ / بهار ۱۳۹۸ / ص ۶۳- ۵۵

طراحی یک سیستم خبره جهت راه اندازی توربوکمپرسور گازی

مسعود رضائی

دانشجوی دکتری رشته مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

نام نویسنده مسئول:
مسعود رضائی

چکیده

یک سیستم خبره عبارت است از یک برنامه هوشمند کامپیوتری که با بهره‌گیری از دانش و روش‌های استنتاج به حل مسائلی از دنیای واقعی می‌پردازد، به طوری که این مسائل در شرایط عادی نیازمند تخصص انسانی بالا است. با توجه به اهمیت تزریق گاز در صنعت نفت، راه اندازی صحیح توربین‌های مولد کمپرسورهای گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با خروج نیروهای با تجربه از صنعت نفت معمولاً تجربه‌های آنان نیز همراهشان از این صنعت خارج می‌شود. راه مناسبی که می‌توان این تجربه را نگهداری نمود کسب دانش از خبرگان این صنعت و طراحی سیستم‌های خبره بر اساس این تجارب گرانبهاست. در این مقاله تلاش شده است که به کمک چند تن از خبرگان عملیاتی مناطق نفت خیز جنوب و کتابچه‌های راهنما یک سیستم خبره جهت راه اندازی یکی از پرکاربردترین توربین‌های گازی در صنعت نفت با استفاده از نرم افزار CLIPS طراحی گردد. خروجی‌های سیستم خبره طراحی شده به تایید ۳ نفر از خبرگان عملیاتی صنعت نفت رسیده است.

واژگان کلیدی: سیستم خبره، توربین گازی، نرم افزار CLIPS.

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۷ ، بهار ۱۳۹۸، ص ۶۳ – ۵۵

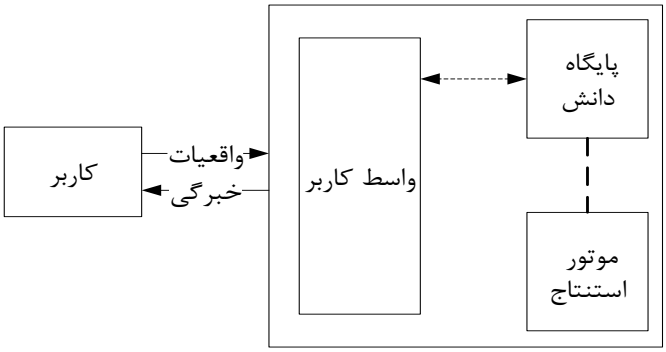
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مقدمه

استوارت راسل در کتاب "رویکردی نوین به هوش مصنوعی[1]" عنوان می‌دارد هوش مصنوعی دانشی جوان و گسترده است که به شدت مورد توجه قرار گرفته است. به لحاظ تاریخی این رشته به سال ۱۹۵۰ و با نظریه آلن تورینگ موسوم به " تست تورینگ"[2] پا به عرصه گذاشت (راسل،۱۳۸۳). هوش مصنوعی روشی است برای هوشمند سازی کامپیوتر جهت اخذ تصمیم‌های پیچیده؛ بر این اساس، محققان در این حوزه علاوه بر سعی در جهت شناسایی مؤلفه های تشکیل دهنده تفکر و رفتار سعی در بازسازی آن‌ها در غالب یک برنامه کامپیوتری شده هستند.

سیستم‌های خبره شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که از دهه ۸۰ مطرح شده و با توجه به قابلیت‌های آن به سرعت در حوزه‌های مختلف تصمیم‌گیری گسترش یافت. سیستم‌های بر مجموعه‌ای از دانسته‌ها و قواعد در یک حوزه خاص دلالت دارند که در نهایت بتوان به کمک آن توانایی‌های یک فرد خبره در آن زمینه را به نحو مطلوبی شبیه‌سازی نمود. یک سیستم خبره عبارت است از یک برنامه هوشمند کامپیوتری که با بهره‌گیری از دانش و روش‌های استنتاج به حل مسائلی از دنیای واقعی می‌پردازد، به طوری که این مسائل در شرایط عادی نیازمند تخصص انسانی بالا است. همان‌طور که انسان جهت تصمیم‌گیری در یک مورد خاص به دانش خود در آن زمینه مراجعه نموده و با بررسی و استنتاج تصمیم صحیح را اتخاذ می‌نماید، یک سیستم خبره نیز با بهره‌گیری از یک پایگاه دانش و بر اساس حقایق ورودی می‌تواند اقدام به تصمیم‌گیری نماید.

اجزای اصلی یک سیستم خبره عبارتند از: پایگاه دانش[3]، موتور استنتاج[4] و ارتباط با کاربر[5]. ساختار یک سیستم خبره در شکل ذیل مشخص گردیده است:



شکل ۱: نمایش عملکرد یک سیستم

پایگاه دانش در برگیرنده دانسته‌های تخصصی درباره یک موضوع مشخص است. این دانش با بهره‌گیری از افراد متخصص تهیه شده و بر اساس یک روش‌های ذخیره دانش نگهداری و بازیابی می‌گردند. موتور استنتاج وظیفه تحلیل و نتیجه‌گیری از مجموعه دانش‌های موجود در پایگاه دانش بر اساس حقایق تبیین شده توسط کاربر را بر عهده دارد. در بخش ارتباط با کاربر، سیستم با مطرح نمودن سوالات مناسب از کاربر و دریافت پاسخ‌های مناسب عملیات استنتاج را انجام می‌دهد.

سیستم خبره فازی نسخه جدیدتری از سیستم خبره است که برای پردازش، از منطق فازی استفاده می‌نماید. در واقع سیستم‌های خبره فازی برای لحاظ نمودن عدم قطعیت و ماهیت مبهم در روش تصمیم‌گیری انسان در سیستم‌های هوشمند بسیار مفید هستند. در این سیستم برای دریافت ورودی‌ها و انجام استنتاج، از مجموعه‌ای از توابع عضویت و قواعد فازی به جای قواعد منطق قطعی و صفر یا یک استفاده می‌شود (ماتیو[6]، ۲۰۰۳). سیستم‌های خبره فازی توانایی ایجاد این قابلیت را دارند که با استفاده از دانش فرد خبره به تصمیم‌گیری و کنترل یک سیستم بپردازد، چنان که پرکاربردترین موارد استفاده از آن‌ها در مدل کردن روابط در محیط‌های پیچیده است.

به تمامی فعالیت‌هایی که با استفاده از نیروی انسانی، امکانات و زمان، بتوان تجهیزات و وسایل سازمانی را در وضعیت قابل خدمت و عملیاتی نگه داشت و یا در صورت معیوب شدن، آن‌ها را به وضعیت قابل خدمت و عملیاتی برگردانید، نگهداری و تعمیرات (نت) اطلاق

[1] Artificial Intelligence
[2] Turing test
[3] Knowledge Base
[4] Inference Engine
[5] User Interface
[6] Matthews

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

می‌گردد. انجام فرایند عیب یابی و تعمیر سیستم‌های پیچیده به دانش علمی و تجربی فرد خبره بستگی دارد؛ این در حالی است که محدودیت دسترسی به فرد خبرهٔ تعمیرکار، شرایط عدم قطعیت، محدودیت زمانی تعمیر سیستم و نبود الگوریتم یا راه حل عمومی خاصی، فرایند عیب یابی را بسیار دشوار، پرهزینه و زمان‌بر نموده است. عیب یابی فازی یک روش سیستماتیک برای عیب یابی توسط دانش خبرگان صنعتی که از خبرگان یا دستورالعمل‌های کارخانه استخراج می‌شود را فراهم می‌کند.ابر این اساس، با طراحی یک سیستم خبره فازی جهت مشاوره در امر عیب یابی سیستم‌های پیچیده می‌توان علاوه بر کاهش هزینه و مدت زمان عیب یابی، محدودیت شرایط عدم قطعیت را نیز تا حد زیادی برطرف نمود.

تحقیقات زیادی با هدف استفاده از سیستم‌های خبره در صنایع شیمیایی به ویژه صنعت نفت و گاز صورت پذیرفته است. تاریفا و سنا[۷] (۱۹۹۸) روشی مؤثر جهت شناسایی عیوب در یک فرایند شیمیایی بزرگ معرفی نمودند. تاریفا و سنا (۲۰۰۲) به معرفی یک سیستم عیب یابی برای یک کارخانه آب شیرین‌کن در آرژانتین پرداختند؛ در این راستا آن‌ها یک سیستم خبره به موقع[۸] جهت نمایش فرایندهای مختلف طرحی نمودند که خروجی آن برای هر فرایند به صورت صفر (غیر نرمال) و یک (نرمال) است.

ون‌کاتاسوبرمنیان[۹] و همکاران (۲۰۰۳) به تحقیق در زمینه روش‌های[۱۰] عیب یابی مبتنی بر فرایندهای دانش تاریخی[۱۱] پرداختند؛ در این راستا آن‌ها با توجه به ویژگی‌های مورد انتظار، روش‌های مختلف عیب یابی را مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند.

مورگان[۱۲] و همکاران (۲۰۰۷) در قالب تحقیقاتشان به معرفی یک سیستم خبره جهت عیب یابی منابع مسائل حفاری پرداختند. این سیستم خبره از منطق فازی برای پردازش بهره می‌برد؛ به طوری که با دریافت و سیگنال‌ها و اطلاعات، آلترناتیوهای مناسب را در راستا حداکثر نمودن کارایی عملیات حفاری پیشنهاد می‌نماید.

عبدالوهاب[۱۳] و همکاران (۲۰۰۷) یک سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی را در راستای تهیه یک سیستم اطلاع‌رسانی به موقع عیب یابی توسعه دادند. آن‌ها نشان دادند که این سیستم در کنار انجام فعالیت‌های عیب یابی، از قابلیت عیب یابی در محل[۱۴] و همچنین آموزش اپراتور بهره برد.

افگان[۱۵] و همکارانش (۲۰۰۶) در تحقیقی اصول اصلی عملیات، طراحی مفهومی و توسعه یک سیستم خبره برای تشخیص عیب و مانیتورینگ محفظه‌های احتراق توربین گاز را ارائه نمودند. مفهوم سیستم خبره محفظه احتراق توربین گاز بر اساس مانیتورینگ توزیع مکانی و زمانی شار حرارتی درون محفظه احتراق و مقایسه هم‌زمان از قرائت مربوطه از متغیرهای تشخیصی با ارزش به دست آمده از مدل شبیه سازی شده عددی از موقعیت‌های مختلف که باعث بروز نقص در محفظه احتراق و بدتر شدن عملکرد آن می‌شود، پایه گذاری شده است. صحت عملکرد این سیستم خبره در واحد آزمایشی محفظه احتراق توربین گاز موسسه انرژی روسیه انجام شده است.

هدف از پژوهش آزاده[۱۶] و همکارانش(۲۰۰۸) طراحی یک سیستم خبره فازی برای ارزیابی عملکرد واحد بهداشت، ایمنی، محیط زیست *(HSE)*و ارگونومی عوامل سیستم در یک پالایشگاه گاز می‌باشد. این کار به یک سیستم جامع قوی برای ارزیابی و بهبود مستمر *HSE* و عملکرد ارگونومی منجر می‌شود. اهمیت این مطالعه با توجه به عدم وجود روش‌های یکپارچه رسمی برای تفسیر داده‌ها و ارزیابی عملکرد *HSE*و ارگونومی بیشتر می‌شود. سه دلیل مهم برای استفاده از سیستم‌های خبره فازی عبارتند از : (۱) کاهش خطای انسانی ، (۲) ایجاد دانش تخصصی و (۳) تفسیر مقدار زیادی از داده‌های مبهم. برای رسیدن به هدف این مطالعه ، شاخص‌های استاندارد و حدود قابل پذیرش آنها برای ارزیابی ارگونومی و *HSE* شناسایی شده‌اند. سپس ، داده‌ها برای همه شاخص‌ها جمع آوری شده و به تبع آن ، برای هر یک از شاخص چهار وضعیت به عنوان " پذیرش " ،" انحراف کم "، " انحراف متوسط" و " انحراف بالا " تعریف شده است. تابع عضویت برای هر یک از شرایط فازی (مجموعه) تعریف و سیستم خبره با استفاده از قوانین فازی ساخته شد.

در تحقیق دیگری که توسط مطلقی[۱۷] و همکاران(۲۰۰۸) انجام پذیرفت، یک سیستم خبره برای برج تقطیر نفت خام طراحی شد که مقادیر ناشناخته دما و جریان مورد نیاز فرآورده را بر حسب ویژگی‌های خوراک ورودی مورد نیاز، پیش بینی می‌کند. این سیستم همچنین

---

[7] Tarifa & Scenna
[8] Real time expert systems
[9] Venkatasubramanian
[10] Methodologies
[11] Historic process knowledge
[12] Morgan
[13] Abdul-Wahab
[14] On-site
[15] Afgan
[16] Azadeh
[17] Motlaghi

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

قادر است با کمینه کردن خطای خروجی مدل و بیشینه کردن نرخ تولید نفت مورد نیاز، بر اساس مقادیر پارامترهای کنترلی، فرآیند تقطیر را بهینه نماید.

سیستم خبره طراحی شده از داده‌های عملی پالایشگاه نفت آبادان استفاده می‌کند. متغیرهای عملیاتی ورودی برج تقطیر، پارامترهای عملیاتی نفت خام مثل جریان و دما بودند در حالیکه متغیرهای خروجی سیستم، کیفیت فرآورده‌های نفتی این برج بوده‌اند. برای بهینه نمودن سیستم با هدف کمینه کردن خطای خروجی سیستم و همچنین ماکزیمم نمودن نرخ تولید فرآورده مورد نیاز مورد نیاز بر حسب اهمیت آن از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

کیان[18] و همکاران(۲۰۰۸) در تحقیق خود سیستمی را برای سیستم روغن کاری یک پالایشگاه نفت طراحی نمودند که به اپراتورها در برای کشف شرایط غیرعادی در فرآیند روغن کاری پالایشگاهی کمک کند. مکانیزم کسب دانش در این تحقیق بر اساس جداول تجربی بوده و سیستم با استفاده از *C++Builder* و *SQL Server 2000* ساخته شده است. خروجی این سیستم به مدت یک سال مورد پایش قرار گرفته و از دقت و قابلیت اطمینان بالایی برخوردار بوده است.

هرزروی گل[19] حفاری شایع‌ترین مشکلی است که در هنگام حفر چاه‌های نفت با آن مواجه می‌شوند. شرمتوف[20] و همکاران(۲۰۰۸) به معرفی یک سیستم خبره فازی که حفاری هوشمند نامیده می‌شود و هدف آن کمک به مهندسین نفت برای عیب یابی و حل مشکلات هرزروی گل می‌باشد، می‌پردازند. با توجه به عدم قطعیت وقایع و قواعد در این تحقیق از منطق فازی برای توصیف وقایع و قواعد استفاده شده است. برای پیاده سازی سیستم خبره حفاری هوشمند از پوسته سیستم خبره *CAPNET* ، ابزار اکتساب دانش و مبدل *WITSML* استفاده شده است. این سیستم فاز آزمایشی خود را در شرکت نفت مکزیک طی نموده است و توانسته به خوبی به مهندسین نفت کمک نماید.

تولید روغن نخل خام و هسته خرما یک مشکل پیچیده به دلیل تأثیر متغیرهای عملیاتی و عوامل محیطی است.این متغیرها در هنگام پردازش بر مقدار روغن نخل خام و تلفات هسته خرما تأثیر می‌گذارند.به جای استفاده از مدل ریاضی، روش منطق فازی یک مکانیسم ساده‌تر و آسان‌تر برای توصیف روابط بین این متغیرها و مقدار روغن نخل خام و ضایعات هسته خرما فراهم می‌کند. آملیا[21] و همکارانش(۲۰۰۹)، چهار مدل سیستم خبره فازی برای هر ایستگاه فرآوری روغن نخل توسعه داده شد. برای غیر فازی سازی از روش مرکز ثقل استفاده شده که محاسبات آن به کمک نرم افزار مایکروسافت اکسل صورت پذیرفته است. برای مقایسه، مدل‌ها توسط نرم افزار *MATLAB* نیز پیاده سازی شده که نتایج هر دو مدل سازی بسیار نزدیک به هم بوده است.

تأخیر در کک سازی مؤثرترین فرآیندی است که به کربن زدایی و فلززدایی از ته مانده نفت خام سنگین کمک می‌کند. در تحقیقی با استفاده از پایگاه داده دانشی شامل داده‌های عملیاتی کارخانه و تجارب اپراتورها، یک سیستم خبره طراحی شده است. اثربخشی این سیستم هوشمند به وسیله نتایج شبیه سازی شده در یک محیط آزمایشی اثبات شده است (یو[22] و همکاران، ۲۰۱۱).

زاهدی[23] و همکاران(۲۰۱۱) یک سیستم خبره فازی جهت عیب یابی یک واحد نمک زدایی نفت خام طراحی نمودند. ابتدا عیوب احتمالی کارخانه و اطلاعات مرتبط مورد بررسی قرار گرفت. سپس بر اساس داده‌های جمع آوری شده، توابع عضویت مناسب و قوانین سازگار استخراج گردید. در مرحله بعد تحقیق، سیستم استنتاج فازی ممدانی تهیه گردید. در پایان، سیستم خبره پیشنهادی برای تشخیص عملکرد کارخانه معیوب بکار گرفته شد. مقایسه مدل پیشنهادی با داده‌های کارخانه نشان داد که سیستم پیشنهادی قادر است که کارخانه را به صورت سریع و دقیق عیب یابی نماید.

ژی-لینگ[24] و همکاران(۲۰۱۲) در پژوهشی یک سیستم خبره برای عیب یابی جعبه دنده توربین بادی طراحی نمودند. در ابتدا، یک درخت عیب یابی بر اساس دستورالعمل‌ها و ساختار جعبه دنده توربین بادی ساخته شد. بر اساس این درخت قوانین مربوطه استخراج گردید و در انتها یک سیستم مبتنی بر وب با استفاده از *C#* روی پلتفرم دات نت ساخته شد که می‌تواند عیب یابی جعبه دنده را به منظور انجام تعمیرات دقیق و سریع به صورت مؤثرتری انجام دهد.

در این تحقیق با استفاده از دستورالعمل‌های راه اندازی توربین‌های گازی و نظرات چند تن از خبرگان عملیاتی مناطق نفت خیز جنوب با استفاده از نرم افزار *CLIPS* یک سیستم خبره برای راه اندازی نوع خاصی از توربین‌های گازی که در صنعت نفت کاربرد فراوان دارد، طراحی گردیده است.

---

18 Qian
19 Lost circulation
20 Sheremetov
21 Amelia
22 Yu
23 Zahedi
24 Ling

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۷ ، بهار ۱۳۹۸، ص ۶۳- ۵۵

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

نرم افزار CLIPS

نرم افزار *CLIPS* اولین بار در مرکز فضایی *Li* طراحی شده است و هدف از طراحی این نرم افزار، برقراری ارتباط با دیگر سیستم‌ها می‌باشد. به همین دلیل *CLIPS* یا زبان *C* نوشته شده است. لغت *CLIPS* مخفف *C Implementation Production System Language* است. نرم افزار *CLIPS* در انواع سخت افزارها و سیستم عامل‌ها قابل نصب می‌باشد. در این نرم افزار همانند دیگر نرم افزارهای سیستم‌های خبره سه بخش اصلی وجود دارد که همواره با هم در ارتباطند:

لیست وقایع: شامل اطلاعاتی است که بر روی آنها استنتاج انجام می‌شود.

پایگاه دانش: که شامل همه قواعد است.

موتور استنتاج: که عملیات را کنترل می‌کند(غضنفری و کاظمی، ۱۳۸۹).

طرح مساله

مخازن زیر زمینی نفت از ۳ فاز گاز و نفت و آب شور تشکیل شده‌اند که مخزن بر اساس وزن مخصوص گاز روی آن نفت در وسط و آب شور در کف مخزن قرار گرفته است. طی سالیان متمادی برداشت از نفت باعث افت فشار و در نتیجه پایین آمدن مقدار ظرفیت روزانه برداشت می‌گردد. جهت جلوگیری از چنین اتفاقی لازم است حجم کم شده مخزن به دو شکل جبران گردد تا بتوان به بهترین شکل از حداکثر نفت موجود استفاده شود. روش اول تزریق گاز در مخزن و روش دوم تزریق آب شور در مخزن است که معمولاً در نقاطی که به گاز فراوان دسترسی وجود دارد از گاز و در نقاط نزدیک دریا از آب شور استفاده می‌شود.

در روش اول که در ایران به دلیل وجود منابع فراوان گاز استفاده می‌شود، گاز تأمین شده را به وسیله کمپرسورهای گاز فشار افزایی نموده و به فشاری بالاتر از فشار مخزن رسانده و از طریق چاه‌های حفاری شده به مخزن تزریق نمود. کمپرسورهای گاز معمولاً توسط توربین گازی چرخانده می‌شوند. کمپرسورهای گازی برای حجم و فشار بالا معمولاً از نوع گریز از مرکز بوده و شامل چند پره ثابت و متحرک می‌باشند.

با توجه به اهمیت تزریق گاز در صنعت نفت راه اندازی صحیح توربین‌های مولد کمپرسورهای گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با خروج نیروهای با تجربه از صنعت نفت معمولاً تجربه‌های آنان نیز همراهشان از این صنعت خارج می‌شود. راه مناسبی که می‌توان این تجربه را نگهداری نمود کسب دانش از خبرگان این صنعت و طراحی سیستم‌های خبره بر اساس این تجارب گرانبهاست. در این پروژه تلاش شده است که به کمک چند تن از خبرگان عملیاتی مناطق نفت خیز جنوب و کتابچه‌های راهنما یک سیستم خبره جهت راه اندازی یکی از پرکاربردترین توربین‌های گازی در صنعت نفت طراحی گردد.

توربین مورد مطالعه از نوع رولزرویس *AVON 1354* می‌باشد که قدرتی معادل ۱۷۰۰۰ اسب بخار دارد و دو کمپرسور را می‌چرخاند که این کمپرسورها از نوع ۶ مرحله‌ای بوده و به صورت سری عمل می‌کنند. فشار گاز ورودی به کمپرسور اول (کمپرسور فشار ضعیف) ۵۰ بار و فشار خروجی آن بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ بار می‌باشد. گاز خروجی کمپرسور اول وارد کمپرسور دوم (کمپرسور فشار قوی) شده و فشار آن تا حدود ۲۶۰ بار افزایش می‌یابد. گاز خروجی ایستگاه وارد یک چند راهه تزریق می‌شود و بین چاه‌های تزریقی توزیع می‌گردد. مجموعه توربین و کمپرسور را یک واحد توربوکمپرسور می‌گویند.

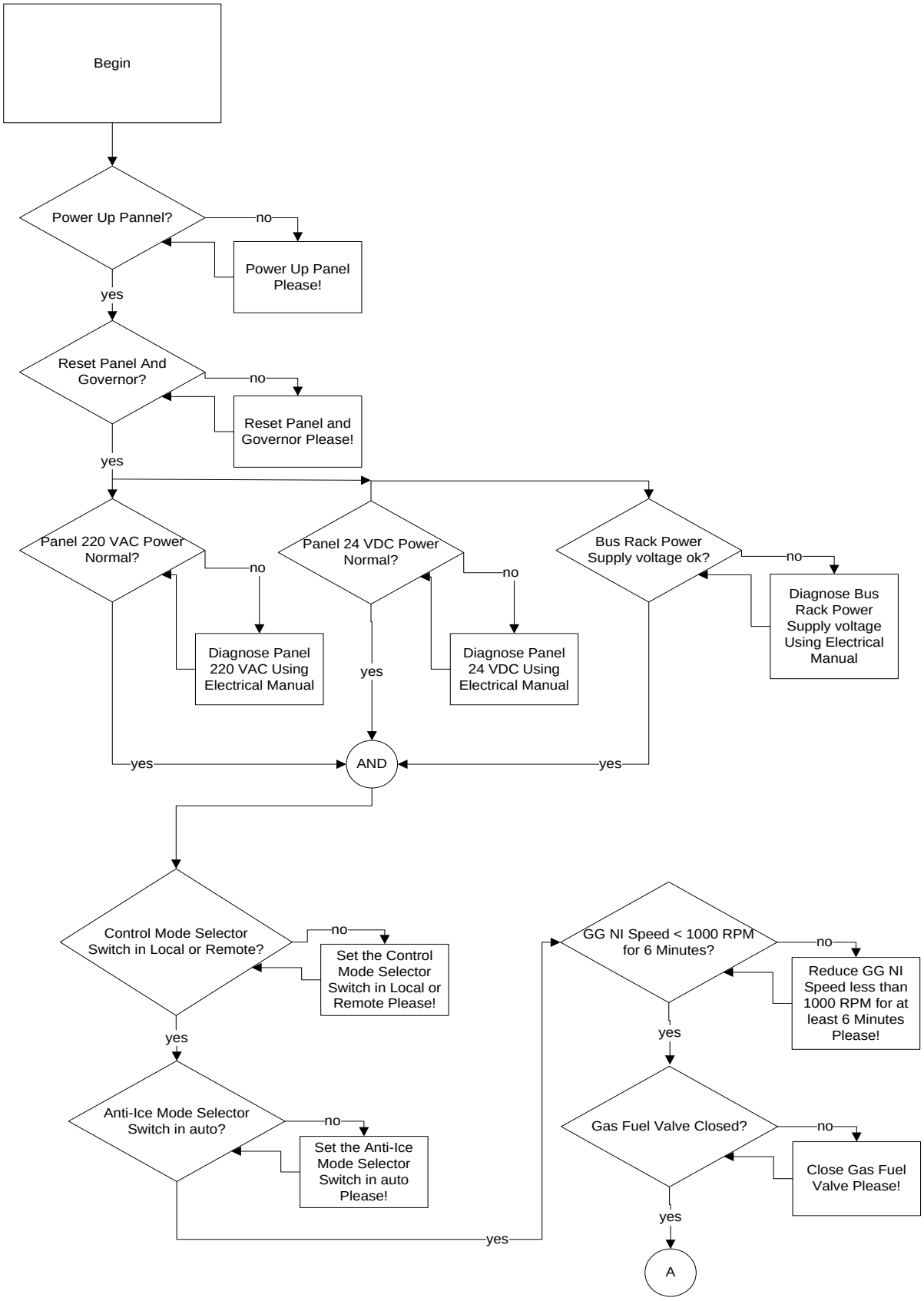
هر توربوکمپرسور دارای وسایل جانبی بوده که عملیاتی همچون روغن‌کاری و خنک کاری و نشت بندی مجموعه را انجام می‌دهند. بخش روغن‌کاری شامل یک مخزن روغن با ظرفیت مناسب دو دستگاه الکترو پمپ (فعال-آماده) یک خنک کننده روغن با دمنده‌های برقی و سیستم‌های تنظیم و کنترل فشار و سیستم‌های راه انداز و اخطار می‌باشد. بخش روغن‌کاری، روغن‌کاری یاتاقان‌های قسمت‌های مختلف توربین و هر دو کمپرسور را به عهده دارد و چون به فشار های متفاوتی جهت روغن‌کاری لازم است برای هر قسمت یک کنترل کننده و تعدادی سویچ اخطار فشار وجود دارد. برای مخزن هم سویچ‌هایی جهت اخطار سطح روغن در صورت کم یا زیاد بودن نصب شده است.

طراحی سیستم خبره راه اندازی توربین رولزرویس AVON 1354

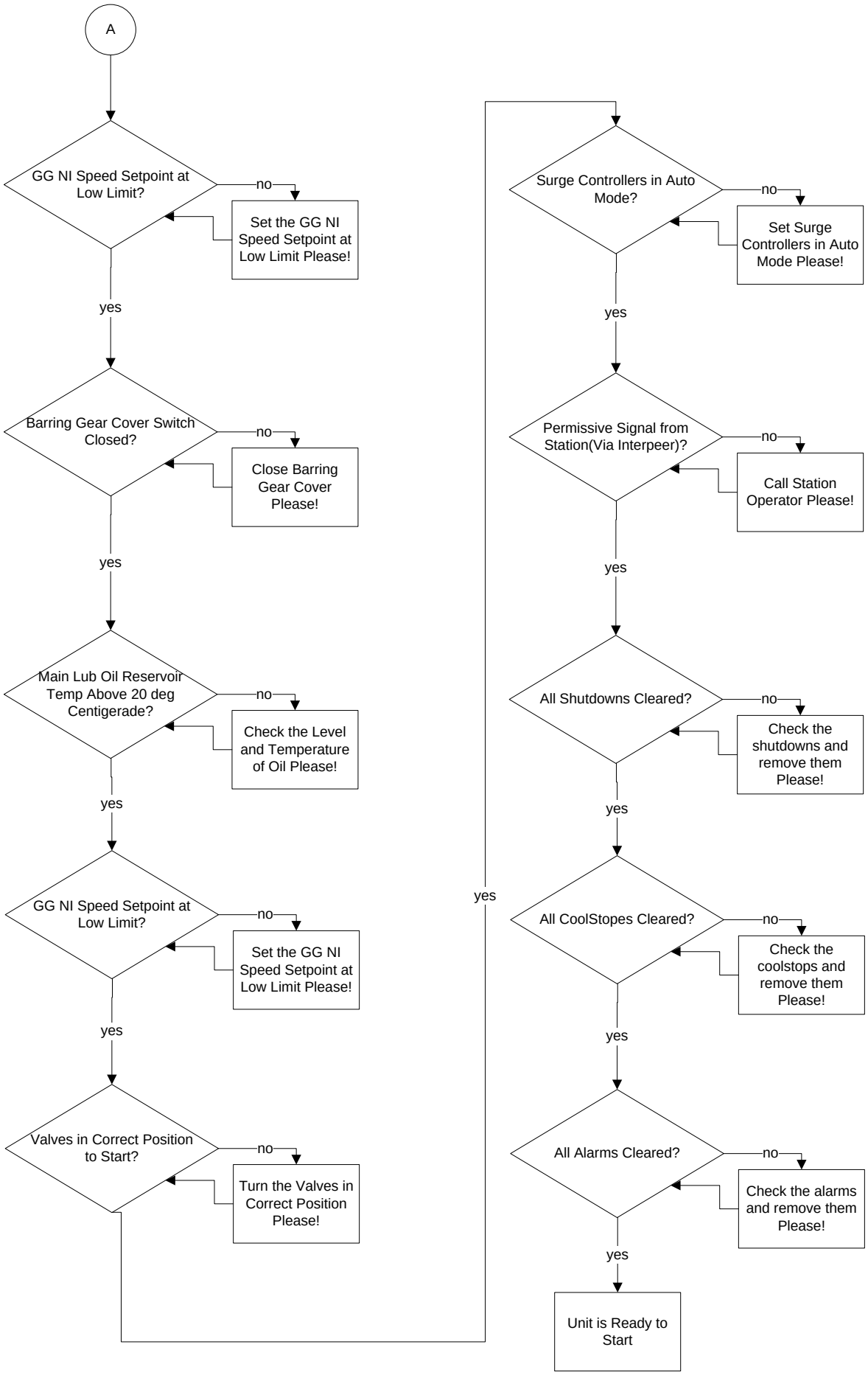
با انجام مصاحبه با چند تن از خبرگان عملیاتی مناطق نفت خیز جنوب و بررسی نقشه‌ها و کتابچه‌های راهنمای عملیاتی، شبکه تصمیم گیری راه اندازی توربین تکمیل گردید. دانش استخراج شده از کتابچه‌های عملیاتی و خبرگان با استفاده از یک شبکه تصمیم گیری بله-خیر نمایش داده شده است (نمودار شماره ۲).

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

نمودار ۲- شبکه تصمیم گیری راه اندازی توربوکمپرسور گازی رولزرویس *AVON 1354*



ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir



ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

در ادامه این تحقیق قواعد مورد نیاز راه اندازی توربین گازی با استفاده از نرم افزار *CLIPS* پیاده سازی گردید.

جهت اعتبار سنجی مدل ابتدا مدل کامپیوتری توسط محققین با مثال‌های شبیه سازی شده مورد آزمایش قرار گرفت و پس از آن جهت تست میدانی در اختیار ۳ نفر از نخبگان عملیاتی مناطق نفت خیز جنوب قرار گرفت. بررسی‌های این گروه صحت عملکرد این سیستم را تایید نمود.

نتیجه گیری

هدف از انجام این تحقیق، طراحی یک سیستم خبره جهت استفاده در راه اندازی توربین رولزرویس *AVON 1354* بوده است. با توجه به خروج نخبگان عملیاتی به دلایلی همچون بازنشستگی، انتقال به سایر شرکت‌ها به کارگیری چنین سیستم‌هایی می‌تواند به مرور زمان کلیه دانش عملیاتی که عموماً به صورت ضمنی بوده و با خروج افراد قسمت عمده‌ای از آن از دست می‌رود، در خود جای داده و ضمن حفظ دانش با ارزش کسب شده به دلیل استفاده از کامپیوتر از مزایای دیگری همچون حذف خطاهای انسانی ناشی از خستگی، فراموشی و ... کمک شایانی نماید.

با توجه به ریسک‌های فراوانی که در هنگام راه اندازی واحدهای عملیاتی در صنعت نفت وجود دارد، به‌کارگیری سیستم‌های خبره می‌تواند از وقوع فجایع جبران ناپذیری که عواقب گسترده انسانی و اقتصادی خواهد داشت جلوگیری نماید.

مهم‌ترین محدودیتی که تیم پژوهشی این تحقیق با آن مواجه بود، محدودیت زمانی برای اعتبارسنجی کامل‌تر سیستم خبره طراحی شده بوده است. البته با توجه به قابلیت‌های مناسب نرم افزار *CLIPS* هر گونه تغییراتی که در قواعد راه اندازی مورد نظر باشد به سادگی قابل پیاده سازی خواهد بود.

به سایر محققین پیشنهاد می‌شود که با توجه به اهمیت صنایع نفت و گاز در کشور، اهمیت حفظ دانش ضمنی کارکنان این صنعت و در دسترس بودن ابزار طراحی و پیاده سازی سیستم‌های خبره، مشابه این پژوهش را در سایر حوزه‌های صنعت نفت، اعم از بالادستی (شامل شناسایی و اکتشاف، حفاری و...) و پایین دستی(شامل پالایش نفت و گاز، پتروشیمی و...) اجرا نمایند.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

منابع و مراجع

[۱] راسل ،استوارت و نورویک ،پیتر (1383). *هوش مصنوعی*. ترجمه رامین رهنمون و آناهیتا هماوندی، تهران : انتشارات ناقوس.

[۲] غضنفری، مهدی و کاظمی، زهره (۱۳۸۹). اصول و مبانی سیستم‌های خبره. تهران: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

[3] Abdul-Wahab, S. A., Elkamel, A., Al-Weshahi, M. A., & Al Yahmadi, A. S. (2007). Troubleshooting the brine heater of the MSF plant fuzzy logic-based expert system. *Desalination*, *217*(1), 100-117.

[4] Afgan, N. H., Carvalho, M. G., Pilavachi, P. A., Tourlidakis, A., Olkhonski, G. G., & Martins, N. (2006). An expert system concept for diagnosis and monitoring of gas turbine combustion chambers. *Applied thermal engineering*, *26*(7), 766-771.

[5] Amelia, L., Wahab, D. A., & Hassan, A. (2009). Modelling of palm oil production using fuzzy expert system. *Expert Systems with Applications*, *36*(5), 8735-8749.

[6] Azadeh, A., Fam, I. M., Khoshnoud, M., & Nikafrouz, M. (2008). Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety, environment (HSE) and ergonomics system: The case of a gas refinery. *Information Sciences*, *178*(22), 4280-4300.

[7] Matthews C (2003). A formal specification of a fuzzy expert system, *Journal of Information and Software Technology*, Vol 45: 419-429.

[8] Morgan, G., Qi Cheng, R., Altintas, Y., & Ridgway, K. (2007). An expert troubleshooting system for the milling process. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, *47*(9), 1417-1425.

[9] Motlaghi, S., Jalali, F., & Ahmadabadi, M. N. (2008). An expert system design for a crude oil distillation column with the neural networks model and the process optimization using genetic algorithm framework. *Expert systems with applications*, *35*(4), 1540-1545.

[10] Qian, Y., Xu, L., Li, X., Lin, L., & Kraslawski, A. (2008). LUBRES: An expert system development and implementation for real-time fault diagnosis of a lubricating oil refining process. *Expert Systems with Applications*, *35*(3), 1252-1266.

[11] Sheremetov, L., Batyrshin, I., Filatov, D., Martinez, J., & Rodriguez, H. (2008). Fuzzy expert system for solving lost circulation problem. *Applied Soft Computing*, *8*(1), 14-29.

[12] Tarifa, E. E., & Scenna, N. J. (1998). A methodology for fault diagnosis in large chemical processes and an application to a multistage flash desalination process: Part I. *Reliability Engineering & System Safety*, *60*(1), 29-40.

[13] Tarifa, E. E., & Scenna, N. J. (2003). Fault diagnosis for a MSF using a SDG and fuzzy logic. *Desalination*, *152*(1), 207-214.

[14] Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Kavuri, S. N., & Yin, K. (2003). A review of process fault detection and diagnosis: Part III: Process history based methods. *Computers & Chemical Engineering*, *27*(3), 327-346.

[15] Yu, X., Wei, Y., Huang, D., Jiang, Y., Liu, B., & Jin, Y. (2011). Intelligent switching expert system for delayed coking unit based on iterative learning strategy. *Expert Systems with Applications*, *38*(7), 9023-9029.

[16] Zahedi, G., Saba, S., al-Otaibi, M., & Mohd-Yusof, K. (2011). Troubleshooting of crude oil desalination plant using fuzzy expert system. *Desalination*, *266*(1), 162-170.

[17] Zhi-Ling, Y., Bin, W., Xing-Hui, D., & Hao, L. I. U. (2012). Expert system of fault diagnosis for gear box in wind turbine. *Systems Engineering Procedia*, *4*, 189-195.