سیمولاتور آموزنده هوشمند نیروگاه بخار سوخت فسیلی

علیرضا سیفی
دانشجوی دکتری
بخش مهندسی برق ، دانشگاه تربیت مدرس

حسین سیفی
استاد
بخش مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس

محمّد رضا انصاری
استادیار
بخش مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس

محسن پارسا مقدّم
استادیار
بخش مهندسی برق ، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

سیستمهای آموزنده هوشمند[1] (ITS) اززمینه های نوین آموزش بوسیله کامپیوتر بوده و در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با استفاده از مبانی سیستم های مذکور و اعمال آن به سیمولاتور نیروگاه، امکان آموزش اپراتورها بدون نیاز به مربی فراهم می شود. در این مقاله ابتدا مفاهیم و اجزاء سیستم های آموزنده هوشمند بیان شده و به منظور پیاده سازی آن، ابزاری برای تولید سیمولاتور، با استفاده از مفهوم برنامه نویسی شئ گرا[2]، زبان برنامه نویسی C وجعبه ابزارSIMULINK از نرم افزار MATLAB طراحی وبه کتابخانه SIMULINK اضافه شده است. به کمك ابزار مذکور و مبانی ITS، سیمولاتور[3] آموزنده هوشمند نیروگاه بخار سوخت فسیلی طراحی و برروی یك نیروگاه نوعی ۱۱ مگاواتی پیاده سازی شده است. سیمولاتور مذکور قادر به اجرای روشهای مختلف یادگیری بوده و می تواند با کمترین نیاز به مربی فرایند آموزش اپراتورها را به عهده گیرد.

کلمات کلیدی

سیمولاتور، شبیه سازی، هوش مصنوعی، سیستم خبره، سیستم آموزنده هوشمند

Inteligent Power Plant Simulator For Educational Purposes

A. Seifi
Ph.D. Student
Electrical Engineering Department,
Tarbiat Modarres University

H. Seifi
Professor
Electrical Engineering Department,
Tarbiat Modarres University

M. R. Ansari
Assistant Professor
Mechanical Engineering Department,
Tarbiat Modarres University

M. Parsa Moghaddam
Assistant Professor
Electrical Engineering Department,
Tarbiat Modarres University

Abstract

An Intelligent Tutoring System (ITS) can be effectively employed for a power plant simulator so that the need for instructor is minimized. In this paper using the above concept as well as object oriented programming and SIMULINK Toolbox of MATLAB, an intelligent tutoring power plant simulator is proposed. Its successful application on a typical 11 MW power plant is demonstrated.

Keyword

Simulator, Simulation, Artificial Intelligence (AI), Expert System (ES),Intelligent Tutoring System (ITS).

مقدمه

آموزش اپراتورهای نیروگاه یکی از مهمترین مسائل موجود در بهره برداری بهینه سیستم های قدرت می باشد آموزش بهتر سبب پیشگیری از خرابیهای معمول، افزایش طول عمر دستگاهها و در نهایت مزایای اقتصادی و فنی بالاتری می شود. سیمولاتور نیروگاه می تواند به منظور آموزش بهتر اپراتور و صرفه جویی اقتصادی در امر تربیت اپراتورهای جوان استفاده شود. یک سیمولاتور می تواند روش بر طرف کردن انواع عیوب معمول و غیر معمول یک نیروگاه را در هر زمان خواسته شده به اپراتورهای جدید آموزش دهد[۲,۱]. سیمولاتورها می توانند برای اهداف مهندسی و تحقیقاتی نیز بکار روند[۱۵,۳]. مدل سازی اجزاء یک نیروگاه، هسته اصلی هر سیمولاتور را تشکیل می دهد. مدل ریاضی در بر گیرنده کلیه معادلات جبری، دیفرانسیل و منطقی است که بیانگر رفتار فیزیکی و عملیات کنترلی می باشد. معادلات دینامیکی یک نیروگاه غیر خطی، پر تعداد و دارای پیچیدگی زیاد بوده و نوشتن یک برنامه کامپیوتری که به عنوان نرم افزار سیمولاتور[۳] شناخته می شود، بسادگی امکان پذیر نیست. می توان کلیه معادلات اجزاء مختلف را در یک برنامه کامپیوتری نوشت. این روش انعطاف پذیری مناسب برای تغییر پارامترهای هر مدل را ندارد. برای رفع این مشکل می توان برای هر جزء نیروگاه یک زیر برنامه نوشته و به کمک برنامه اصلی ارتباط بین زیر برنامه ها را ایجاد نمود. این روش دارای انعطاف پذیری بیشتری نسبت به نوع قبلی است و به روش ماجولار[۴] مشهور است [۱۱,۹]. روشی که امروزه بیشتر استفاده می شود، برنامه نویسی شی گرا[۵] (OOP) است. این روش نوع پیشرفته روش ماجولاربوده و نیاز به تخصص بالادر برنامه نویسی دارد. ولی حجم برنامه نوشته شده کمتر و انعطاف پذیری بیشتری ایجاد می کند [۳, ۴, ۵, ۶, ۷, ۱۰]. وجود عیب و ایجاد اختلال در یک نیروگاه واقعی توسط آلارمها به اپراتور گوشزد می گردد اپراتور خبره برای رفع خطاهای بوجود آمده معمولا به دو منبع اطلاعات سازندگان و تجربیات خود و سایر همکاران خبره اش تکیه میکند. به هنگام آموزش اپراتورهای جدید توسط سیمولاتور، اپراتور خبره تجربیات خود را به عنوان مربی به آنها انتقال می دهد. با استفاده از یک برنامه هوشمند می توان کلیه دستورالعملها و سناریوهای مختلفی را که در برگیرنده تجربیات افراد خبره است به اپراتور نشان داد تا بدون حضور مربی قادر به آموختن روش رفع خطا بوده واز سویی دیگر هر نوع مسئله در زمینه نیروگاه را شبیه سازی کند. هوش مصنوعی[۶] دانشی است که سعی دارد قدرت پردازشگری اطلاعات، تجربیات و ابداعات انسان را به ماشین منتقل نماید.

سیستم خبره[۷] (ES) یکی از شاخه های هوش مصنوعی است، که از دانش، تجربیات، اطلاعات و واقعیات سیستم استفاده کرده، فرایند حل مسئله و تصمیم گیری فرد خبره را در دامنه نسبتاً محدودی شبیه سازی می نماید [۱۶]. سیستم خبره دارای کاربردهای مختلفی در سیستمهای قدرت است [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴]. یکی از کاربردهای آن می تواند استفاده در امر آموزش و ایجاد سیستمهای آموزنده هوشمند[۸] (ITS) باشد [۱۷,۱۶]. دراین مقاله برمبنای (ITS) یک سیمولاتور آموزنده هوشمند نیروگاه[۹](ITPS) ساخته شده که قادر است سناریوهای مختلف تعلیم و یادگیری را اجرا کند.

ساختار مقاله به صورت زیر است. بخش اول به معرفی ITS می پردازد. مشخصات سیمولاتور آموزنده هوشمند در بخش دوم بیان شده و نتایج شبیه سازی در بخش سوم ارائه شده است. نتیجه گیری در نهایت مطرح شده است.

۱ـ سیستم های آموزنده هوشمند (ITS) [۱۶]

سیستم آموزنده هوشمند نگرشی نوین در ایجاد برنامه های آموزشی کامپیوتری است. در این نگرش با ترکیب تکنیکهای برنامه نویسی هوش مصنوعی وروشهای معمول برنامه نویسی، نرم افزاری ایجاد می شود که به اپراتور امکان حل مسائل، کاوش و ایجاد ابتکار با کمترین نیاز به مربی را می دهد. هسته مرکزی ITS از دو بخش ناظر[۱۰] هوشمند و سناریوی یادگیری[۱۱] تشکیل شده است. ناظر هوشمند نقش مربی را داشته وسناریو یادگیری، روشی است که در ITS برای آموزش طراحی شده است. از نقطه نظر سناریوهای تعلیم[۱۲] در ITS، برنامه کامپیوتری، توانایی ایجاد یک فضای خوب جهت تحریک حس کنجکاوی اپراتور را داشته و از این امر، برای تعلیم قواعد جدید به او، کمک می گیرد. از سویی دیگر، برای راهنمایی اپراتور در یافتن مسیر مناسب یک عامل فعال بنام ناظر هوشمند نیز وجود دارد. نکته قابل توجه دیگر که در ایجاد و بهره برداری ITS مورد نظر است، توانایی آشکار سازی دانش پنهان[۱۳] می باشد. دانش پنهان را می توان از دو دیدگاه بررسی کرد، از یک سو آشکار سازی تجربیات فرد خبره واعمال آن در برنامه کامپیوتری ITS و از سوی دیگر توانایی نرم افزار در نمایش میزان یادگیری اپراتور در آموزش مسائل مورد نظر.

۱ـ۱ـ ناظر هوشمند

ناظر هوشمند در حقیقت یک سیستم خبره است. این سیستم خبره معمولا دارای اجزاء مختلفی به شرح زیر

می باشد:

الف) پایگاه دانش[۱۴]: عبارت است از بانک اطلاعاتی که شامل اطلاعات گوناگونی مانندتجربیات افراد خبره و مشخصات سیستم بوده و برای حل مسئله مورد نیاز می باشد.

ب) واحد استنتاج[۱۵]: این واحد در واقع شامل فرایند ها و الگوهایی[۱۶] است، که مشابه فرد خبره، عملیات استنتاج به منظور یافتن پاسخ مسئله را انجام می دهد.

ج) واسط کاربر[۱۷]: این واسط در حقیقت ارتباط دهنده کاربر و سیستم خبره می باشد. بدین معنی که اپراتور می تواند اطلاعات سیستم خبره و نتایج آن را از طریق واسط کاربر دریافت نماید.

در هوش مصنوعی از الگوهای متفاوتی برای تشخیص خطا استفاده می شود. این الگوها، بر اساس واقعیات موجود در سیستم و نوع مسئله انتخاب می شوند. در تشخیص خطای نیروگاه توسط ناظر هوشمند، از سیستم خبره قالبمند[۱۸] در واحد استنتاج استفاده می شود. این الگو بر اساس مدل علت و معلول[۱۹] کار می کند. سیستم خبره قالبمند واقعیات مختلف موجود در سیستم را بصورت قالبهای مختلف در آورده و میان قالبها قوانین[۲۰] منطقی ایجاد می نماید. ایجاد خطا در نیروگاه، در واقع عبارت است از به حقیقت پیوستن یک یا چند قالب از قالبهای موجود.

۲-۱- سناریوهای یادگیری

سناریوهای مختلف مورد استفاده در آموزنده های هوشمند را می توان به شرح ذیل تقسیم کرد:

الف- روش سقراطی[۲۱]: در این روش مربی چند مسئله را طرح کرده و به اپراتور ارائه میکند. اپراتور به کمک نرم افزار کامپیوتری مسائل را حل کرده و با توجه به مقایسه نتایج، آموزش می یابد. در این روش مربی اجازه سوال به اپراتور را نداده و در حل مسائل توسط اپراتور دخالتی ندارد. در حقیقت با طرح مسائل مناسب، اپراتور بدون مربی به طرف تجارب جدید سوق داده می شود.

ب - روش یادگیری بوسیله انجام دادن[۲۲]: در این روش بر خلاف نوع قبلی مربی بطور فعال در حل مسائل توسط اپراتور شرکت می کند. مربی مسائلی را طرح کرده و به اپراتور ارائه می کند. اپراتور به کمک نرم افزار کامپیوتری مسائل را حل می کند. در زمان حل هر مسئله و یا پایان آن، مربی اپراتور را راهنمایی کرده و نکات مهم را به او گوشزد می کند. مربی می تواند پس از اجرای هر مسئله، پیشرفت اپراتور و دانسته های او را ارزیابی کند.

ج) روش یادگیری در حین انجام دادن[۲۳]: این روش پیشرفته تر از دو نوع قبلی است. در اینجا ناظر هوشمند بر حل مسئله و واکنش اپراتور نظارت داشته، رفتار و توصیه های مناسب را دراختیار او قرار می دهد. اپراتور به کمک توصیه های ارائه شده توسط ناظر هوشمند مسئله مورد نظر را حل کرده و استراتژی مناسب آنرا یاد می گیرد. این روش کمترین نیاز به مربی را داشته و می تواند در آموزش روشهای رفع خطا در نیروگاه استفاده شود.

معمولاً با توجه به نوع مسائل در آموزنده های هوشمند یکی یا ترکیبی از روشهای مذکور استفاده می شود. در بخش دوم در خصوص استفاده از روشها در سیمولاتور نیروگاه بحث خواهد شد.

۲- سیمولاتور آموزنده هوشمند نیروگاه (ITPS)

سیمولاتور آموزنده هوشمند نوع بهبود یافته سیمولاتورهای معمولی است. بنابراین باید ابتدا ابزار ایجاد سیمولاتور طراحی شود.

۲-۱- طراحی ابزار ایجاد سیمولاتور نیروگاه

برای طراحی سیمولاتور باید نوع زبان برنامه نویسی و نرم افزار شبیه سازی انتخاب شوند. مدل سازی وتهیه برنامه کامپیوتری می تواند از ابتدا توسط یکی از زبانهای برنامه نویسی اجرا شود[۲, ۳, ۵, ۶, ۱۰]. این روش نیاز به تخصص بالا در برنامه نویسی داشته و سیمولاتور ساخته شده، گرانقیمت و کم انعطاف می باشد. ایده دیگر این است که برای شبیه سازی و آنالیز کامپیوتری از نرم افزارهای شبیه سازی استفاده شود[۴, ۷, ۱۸, ۲۲]. این روش از نظر جنبه های اقتصادی، آموزشی و فنی بهتر می باشد. یکی از نرم افزارهای معروف که می تواند در این زمینه کاربرد داشته باشد، نرم افزارMATLAB و جعبه ابزار مخصوص شبیه سازی آن SIMULINK است. این نرم افزار با امکانات محاسباتی قوی، کتابخانه ریاضی بزرگ با امکان توسعه آن، در حقیقت می تواند به عنوان یک زبان ساده OOP بکار رود[۲۳]. در کتابخانه جعبه ابزار SIMULINK بلوک هایی که معرف اجزاء نیروگاه بخار باشند، وجود ندارد. ولی می توان معادلات هر سیستم را به زبان برنامه نویسی C تهیه کرده، بلوکهایی مشابه بلوکهای آماده SIMULINK ایجاد و به کتابخانه آن اضافه نمود[۲۳]. نیروگاه دارای اجزاء مختلفی است. هر جزء دارای معادلات جبری و دیفرانسیل مربوط به خود می باشد. مدلسازی هر جزء بر پایه قوانین ترمودینامیکی و معادلات انتقال حرارت انجام می شود[۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۲]. برای حل معادلات ترمودینامیکی نیاز به محاسبه روابطی برای مدلسازی جداول خواص ترمودینامیکی بخار و آب دیده

میشود[۲۲]. معادلات هر جزء از نیروگاه (مانند کوره، سوپر هیتر، پمپ و...)، بصورت توابعی با زبان C نوشته شده و برای اجرا در محیط MATLAB با سرعت مناسب به فایلهایی با پسوند dll[۲۴] تبدیل شده است. به کمک فایلهای مذکور، هر جزء از نیروگاه بصورت بلوکهای مجزاء دقیقا با خواص بلوکهای آماده SIMULINK تهیه شده و بصورت یک کتابخانه جدید به آن اضافه شده است. با اتصال بلوکهای ایجاد شده به یکدیگر می توان بخشهای مختلف نیروگاه(مانند بویلر، توربین و..) بصورت منفرد و یانیروگاه کامل را شبیه سازی نمود[۲۲]. چون سیمولاتور به معنای شبیه سازی در زمان واقعی[۲۵] است(یعنی زمان محاسباتی کامپیوتر با زمان واقعی فرایند تفاوتی نداشته باشد)، یک بلوک دیگر به نام Real Time Clock ایجاد شده که وظیفه آن کند کردن زمان محاسبات به مقدار زمان واقعی سیستم می باشد. بنابراین می توان یک سیمولاتور با استفاده از مفهوم برنامه نویسی شی گرا، زبان برنامه نویسی C و جعبه ابزار SIMULINK از نرم افزار MATLAB ایجاد نمود، که ترکیبی از دیدگاههای مختلف انتخاب نوع زبان برنامه نویسی و نرم افزار شبیه سازی است. برای شبیه سازی هر سیستم یا به عبارت دیگر حل عددی معادلات دیفرانسیل آن، شرایط اولیه برای متغیرهای حالت سیستم مورد نیاز است. در شبیه سازی نیروگاه، هر یک از اجزاء آن دارای معادلات دیفرانسیل و متغیرهای حالت مربوط به خود می باشند. از آنجا که سیستم یک نیروگاه کامل دارای تعداد معادلات زیاد، غیر خطی و پر حجم است، امکانات آماده SIMULINK برای محاسبه شرایط اولیه شبیه سازی ناتوان می باشد. برای محاسبه شرایط اولیه، از روش پیشنهاد شده در مرجع [۲۲] که با توجه به معادلات حاکم بر سیستم و داده های قابل اندازه گیری در یک نیروگاه بخار، می توان شرایط اولیه هر بلوک از اجزاء نیروگاه را محاسبه نمود، استفاده شده است.

۲-۲- نیروگاه نوعی تحت مطالعه

برای پیاده سازی سیمولاتورآموزنده هوشمند یک نیروگاه بخار سوخت فسیلی با توان ۱۱ مگاوات مطابق مشخصات مرجع [۲۲] انتخاب شده است. این نیروگاه از بخشهای بویلر (از نوع درام)، توربین ژنراتور، کندانسور و سیستم آب تغذیه تشکیل شده است. هر بخش شامل اجزاء مختلفی است که بیانگر اجزاء نیروگاه می باشند. مثلا بویلر خود از اجزاء درام ورایزر، کوره، سوپر هیتروسیستم خنک کننده آن و ریهیتر تشکیل شده است. هر جزء بصورت بلوک در ابزار ایجاد سیمولاتور وجود داشته که با توجه به نقشه نیروگاه می توان آنها را به هم متصل کرده و هر بخش نیروگاه را به منظور شبیه سازی ایجاد نمود. شکل ۱ نحوه اتصال اجزاء بویلر توسط بلوکهای ساخته شده را نشان می دهد. هر نیروگاه دارای سیستمهای کنترلی مخصوص به خود می باشد [۲۱]. نیروگاه نوعی معرفی شده نیز برا ی هر بخش دارای حلقه های کنترلی مخصوص خود می باشد [۲۲]. به عنوان نمونه شکل ۲ نمودار کنترلی بویلر نیروگاه را نشان می دهد. متغیرهای کنترلی عبارتند از:

الف) Ps فشار بخار سوپرهیتر که توسط تغییرات نرخ سوخت کوره تنظیم می شود(WF)،

ب) L سطح آب درام که توسط متغیر مقدار باز و بسته شدن شیر آب تغذیه آن کنترل می شود،

ج) PG فشار هوای کوره که توسط نرخ هوای ورودی به کوره تنظیم می شود (WA)،

د) Ts درجه حرارت بخار سوپرهیتر که توسط متغیر مقدار باز وبسته شدن شیر خنک کننده بخار کنترل می شود،

ه) Tr درجه حرارت بخار ریهیتر که توسط تغییر شیب شعله (teita) کنترل می شود.

۲-۳- پیاده سازی سیمولاتور آموزنده هوشمند

با اتصال بخشهای مختلف نیروگاه نوعی مطابق شکل ۳، نیروگاه بخار سوخت فسیلی برای شبیه سازی ایجاد می شود. سیستم ساخته شده می تواند براحتی تغییر پارامترها، هر نوع اغتشاش در بهره برداری نرمال نیروگاه مانند تغییر مراجع کنترل و یا خرابی هر یک از کنترلرها، اعمال کنترل دستی در هنگام خرابی هر کنترلر اتوماتیک و اعمال چند اغتشاش همزمان را بصورت زمان واقعی شبیه سازی کند. کلیه امکانات گرافیکی MATLAB دراین برنامه قابل دسترسی است. همچنین می توان از هر یک از جعبه ابزارهای MATLAB برای انجام پروژه های آموزشی و تحقیقاتی نیز استفاده کرد. در این سیمولاتور مربی می تو اند مسائل مختلفی در زمینه بهره برداری نرمال نیروگاه طرح کرده، اپراتور آنها را حل و به کمک امکانات گرافیکی، نتایج را مشاهده، در صورت نیاز ضبط یا مقایسه کند. در حل هر مسئله مربی می تواند حضور داشته باشد و نکات مهم را به اپراتور گوشزد نماید. در نتیجه می توان روشهای سقراطی و یادگیری بوسیله انجام دادن از سناریوهای یادگیری را توسط این سیمولاتور اجرا نمود (بخش ۲-۱). این برنامه Plant نامیده می شود. برای ایجاد امکان اجرای روش یادگیری در حین انجام دادن از سناریوهای یادگیری در برنامه Plant، برای هر بخش نیروگاه یک ناظر هوشمند طراحی می شود. ناظر هوشمند در زمان اجرای برنامه، خروجیهای با اهمیت و وضعیت کنترلرهای هر بخش را بررسی می کند. در صورتیکه

یک یا چند خروجی بصورت غیر معمول عمل کنند، یعنی از حدود مجاز تجاوز کرده و یا نرخ تغییرات نامناسبی داشته باشند، با توجه به پایگاه دانش خود، خطا را بررسی و علت یا علتهای آنرا به همراه توصیه های لازم برای رفع آن، بصورت یک اخطار[۲۶] به اپراتور نمایش می دهد. اپراتور به کمک توصیه های موجود در پنجرهٔ اخطار، روش رفع خطا را با کمترین نیاز به مربی فرا می گیرد. به عنوان نمونه شکل ۴ ناظر هوشمند بخش بویلر را نمایش می دهد. خطا در سیمولاتور میتواند توسط اشتباه اپراتور و یا به عمد توسط مربی جهت آموزش ایجاد شود. در اعلام توصیه های لازم برای رفع خطا توسط ناظر هوشمند، می توان دو استراتژی را در نظر گرفت:

الف) در هنگام بروز عیب، ناظر هوشمند تمامی علتهایی را که می تواند باعث بروز این خطا شوند را به ترتیب اولویت به همراه روش بررسی و رفع آنها به اپراتور اعلام می کند. اپراتور بر اساس اولویت موجود در پنجره اخطار به بررسی اجزاء مختلف سیستم پرداخته، علت را پیدا کرده و با توجه به توصیه های ناظر روش رفع آنرا یاد می گیرد. در این روش اپراتور به هنگام کاوش در سیستم، در زمان بروز خطا کلیه علتهای وجودی آنرا می آموزد و با سیستم نیروگاه بیشتر آشنا می گردد. این استراتژی مناسب اپراتورهای کم تجربه می باشد. شکل۵ یک نمونه اخطار در روش مذکور را که به هنگام افزایش بیش از اندازه نرخ تغییرات فشار هوای کوره ایجاد می شود، نمایش می دهد. برنامه تهیه شده بر اساس این استراتژی Expert Plant نامیده می شود. متغیرهای مورد اشاره در این شکل، در شکل۳ نشان داده شده اند.

ب) در هنگام بروز عیب، ناظر هوشمند فقط علت بروز خطا و روش رفع آن را به اپراتور اعلام کند. اپراتور با توجه به توصیه موجود در پنجره اخطار، روش رفع آنرا یا د می گیرد. این استراتژی مناسب اپراتورهایی با تجربه بیشتر نسبت به نوع الف، می باشد. شکل ۶ یک نمونه اخطار در روش مذکور را که به هنگام افزایش بیش از اندازه نرخ تغییرات درجه حرارت بخار سوپرهیتر در اثر خرابی کنترلر آن ایجاد می شود، نمایش می دهد. برنامه تهیه شده بر اساس این استراتژی Modified Expert Plant نامیده می شود. در این برنامه بر اساس تجربیات افراد خبره نیروگاه،پایگاه دانش به نحوی تقویت شده است که ITPS بتواند علت خطای ایجاد شده را دقیقاً تشخیص داده و اپراتور را به رفع مشکل رهنمون سازد.

با ترکیب سه برنامه مذکور و نیز امکان انتخاب هر یک از آنها توسط اپراتور، سیمولاتور آموزنده هوشمند نیروگاه بخار سوخت فسیلی ایجاد شده است. در این سیمولاتور اپراتور می تواند بطور دلخواه یا با توصیه مربی، سناریوی یادگیری راتوسط گزینش برنامه مربوطه انتخاب کند. از نقطه نظر سناریوهای تعلیم، سیمولاتور ایجاد شده دارای محیطی مناسب برای برانگیختگی حس کنجکاوی اپراتور بوده و او می تواند میزان فراگیری خود از مسائل مطرح شده را تخمین بزند.

۳ ـ شبیه سازی

به منظور نمایش میزان موفقیت سیمولاتور مذکور در اجرای روشهای مختلف یادگیری، دو مثال به شرح زیر اجرا می شود.

الف) حل مسئله به کمک برنامه Plant

در این مثال مربی از اپراتور می خواهد که توسط برنامه Plant، اغتشاش کاهش توان الکتریکی خواسته شده از ۱۱ مگاوات به ۱۰ مگاوات به همراه ۱۰٪ کاهش در فشار هوای کوره (در طی ۲۰۰ ثانیه) را برای مدت ۴۰۰ ثانیه بوسیله روش رانگ کوتا با پله محاسباتی متغیر شبیه سازی کند. برخی نتایج شبیه سازی در شکلهای ۷ الی ۱۶ نمایش داده شده است. با مشاهده نتایج، اپراتور یاد میگیرد که با کاهش توان تولیدی نیروگاه میزان سوخت، هوا و فشار بخار سوپرهیتر کاهش می یابد. همچنین تغییرات خروجیهای مهم و متغیرهای کنترلی آنها، جهت بررسی الگوریتمهای کنترلی نیروگاه نیز برای اپراتور قابل مشاهده و بررسی است.

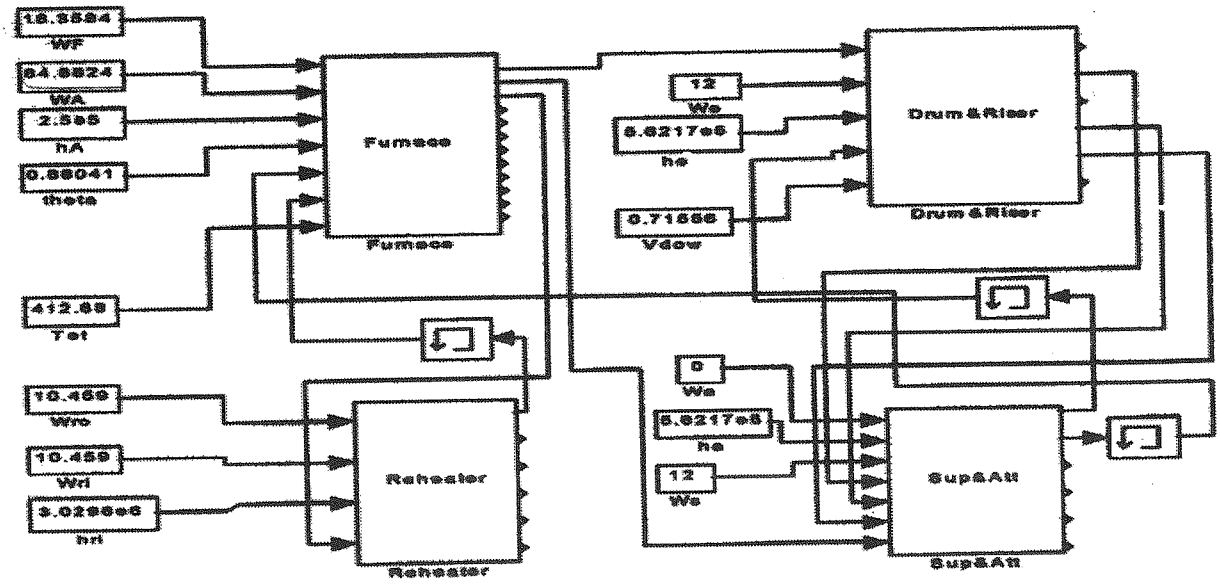
ب) حل مسئله به کمک برنامه Modifed Expert Plant

در این مثال مربی بدون اطلاع اپراتور کنترلر دمای بخار سوپرهیتر را در برنامه مذکور از کار انداخته و از اپراتور می خواهد اغتشاش مثال قبل را برای مدت ۵۰۰ ثانیه شبیه سازی کند. برنامه مذکور در ثانیه ۲۱۰ اخطاری مطابق شکل ۶ در صفحه کامپیوتر ایجاد کرده و به اپراتور توصیه می کند که با اعمال کنترل دستی از تغییرات و افزایش غیر طبیعی دما جلوگیری کند. اپراتور با توجه به توصیه ناظر هوشمند برنامه، به کنترل دستی دما پرداخته و روش رفع این خطا را فرا می گیرد. شکل ۱۷ نمایشگر نحوه کنترل دستی اعمال شده توسط اپراتور می باشد.

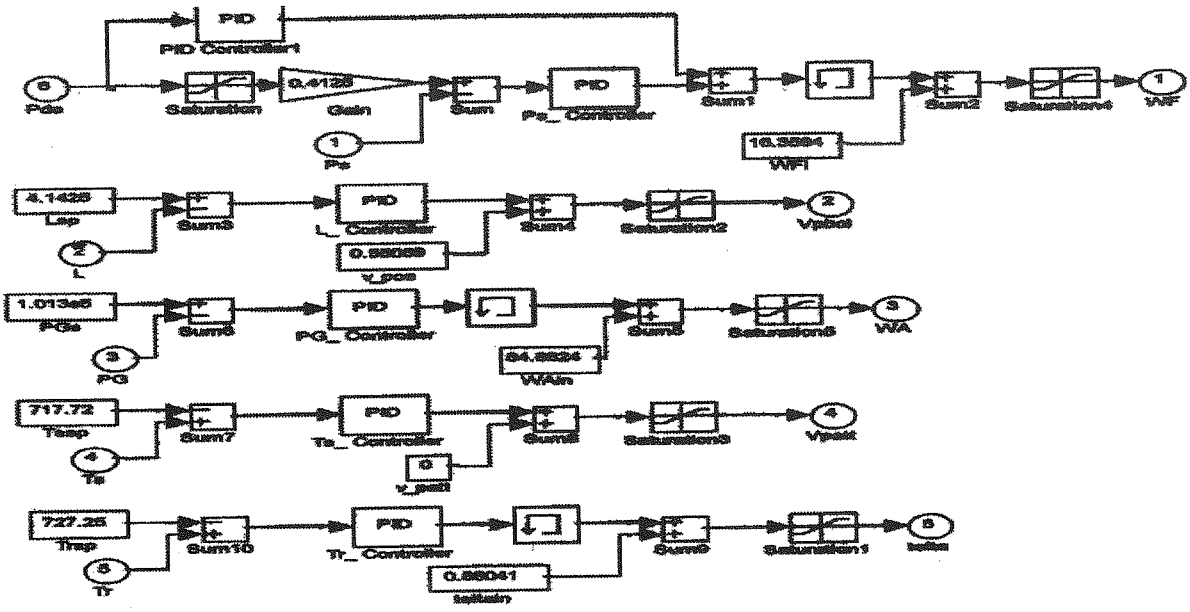
٤ ـ نتیجه گیری

در این مقاله سیستمهای آموزنده هوشمند(ITS) معرفی و برروی سیمولاتور نیروگاه پیاده سازی شده است. به منظور طراحی سیمولاتور ابزاری با ترکیب زبان برنامه نویسی C و جعبه ابزارSIMULINK از نرم افزار MATLAB ساخته و به کتابخانه SIMULINK اضافه شده است. ابزار ایجاد

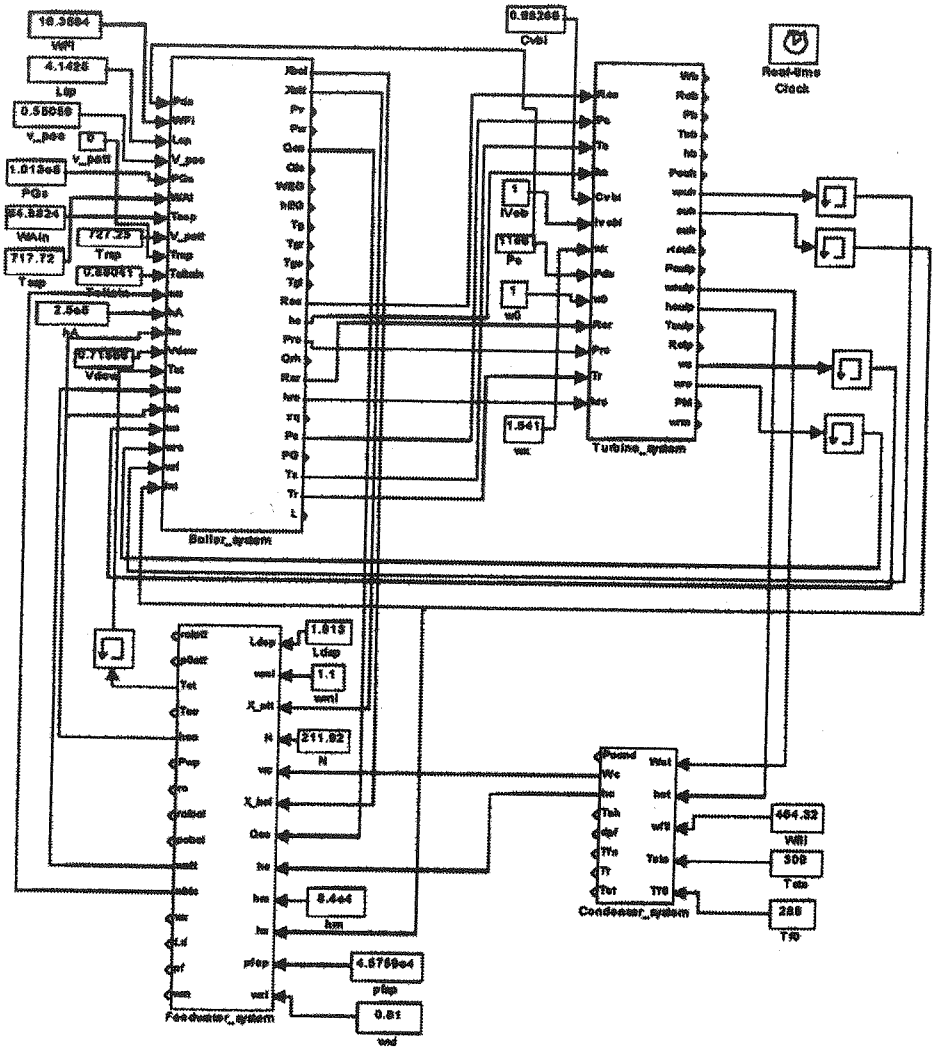
شده قادر است هر نوع نیروگاه بخار سوخت فسیلی را با استفاده از کلیه امکانات محاسباتی و گرافیکی MATLAB شبیه سازی کند. به کمک ابزار مذکور سیمولاتوری بر مبنای اصول سیستمهای آموزنده هوشمند طراحی شده که قادر است، انواع روشهای تعلیم و یادگیری را با کمترین نیاز به مربی، به هدف آموزش اپراتور اجرا کند. سیمولاتور مذکور قابلیت استفاده از کلیه جعبه ابزارهای آماده MATLAB برای اهداف آموزشی و تحقیقاتی را داشته و می تواند کلیه اغتشاشات در بهره برداری نرمال نیروگاه از قبیل تغییر در مراجع کنترلی، از کار افتادن کنترلرها و کنترل دستی سیستم را شبیه سازی کند. این سیمولاتور همچنین قابلیت آشکار سازی هوشمند خطاهایی که توسط اپراتور کم تجربه و یا به هدف آموزش توسط مربی ایجاد شده را نیز داشته و با اعلام توصیه های مناسب توسط ناظر هوشمند خود، روش رفع آنها را آموزش می دهد. سیمولاتور طراحی شده برروی یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی اجرا شده است.



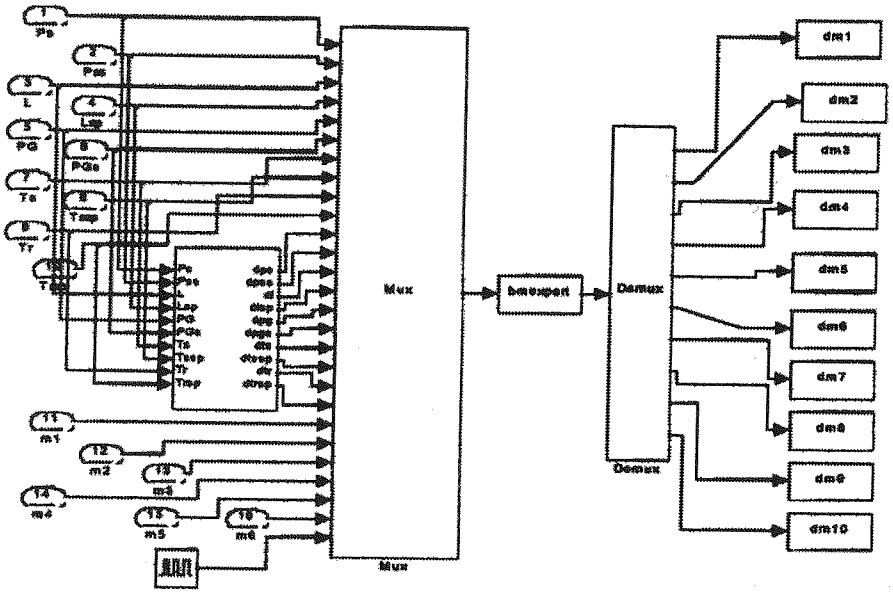
شکل (۱) اتصال اجزاء بویلر.



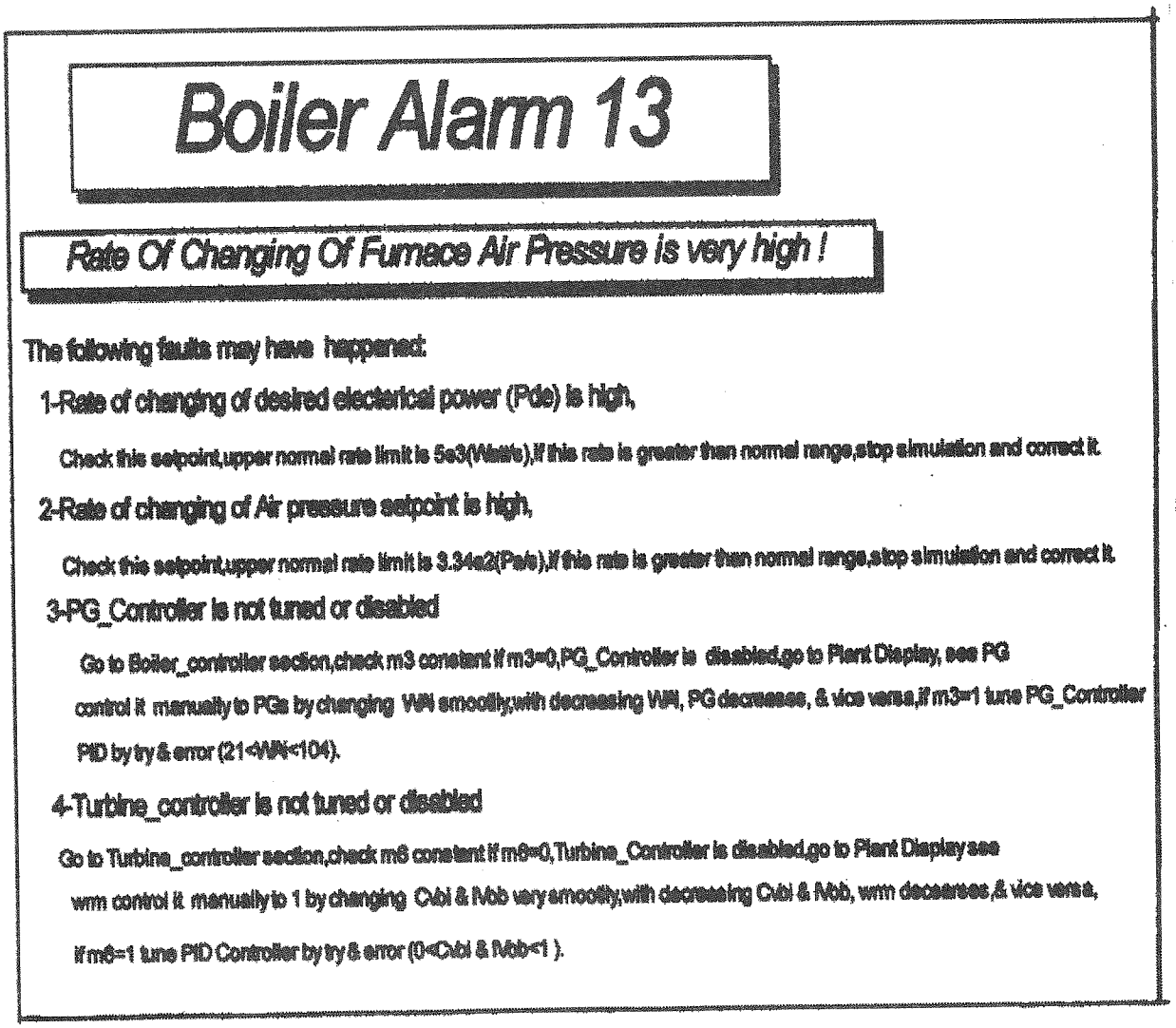
شکل (۲) نمودار کنترل بویلر.



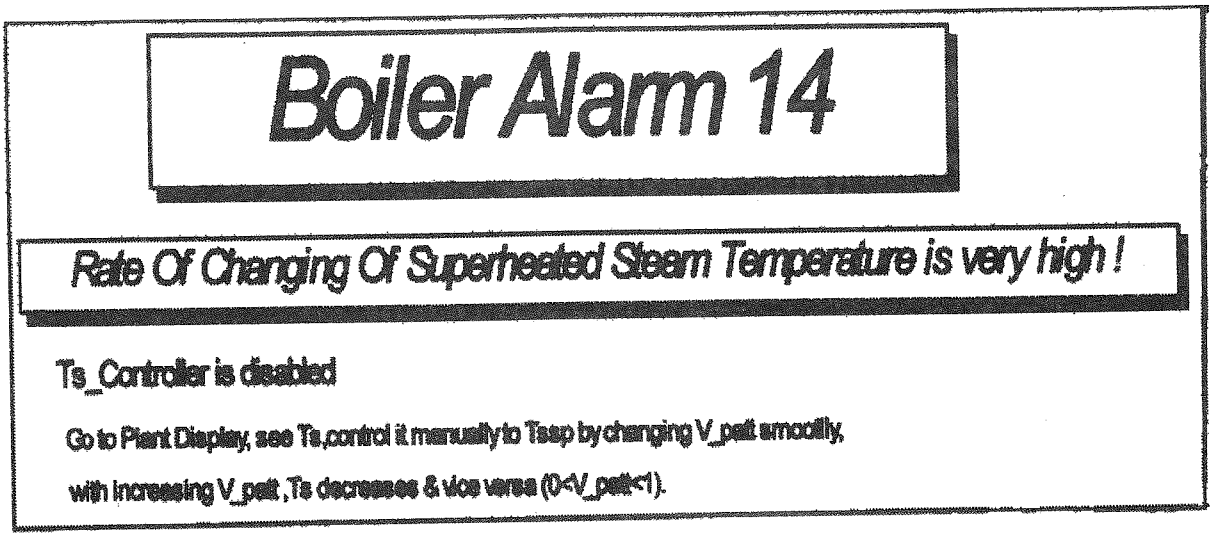
شکل (۳) اتصال بخشهای مختلف نیروگاه .



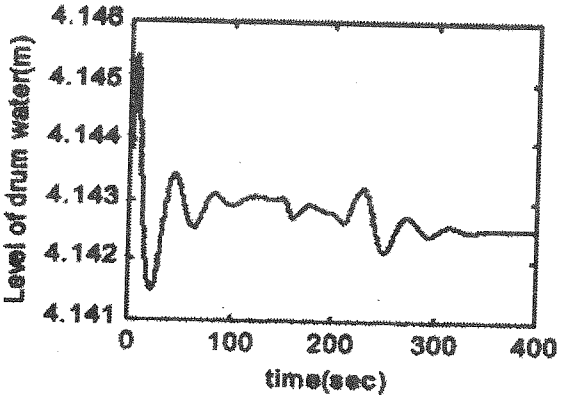
شکل (۴) ناظر هوشمند بویلر.

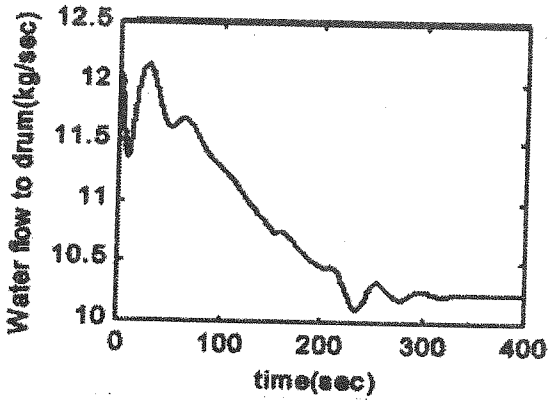


شکل (۵) یک نمونه اخطار در برنامه ExpertPlant.

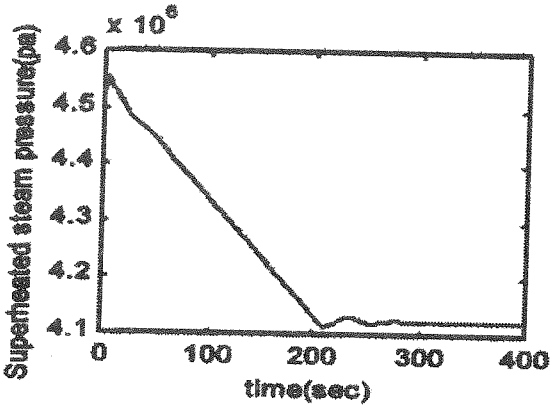


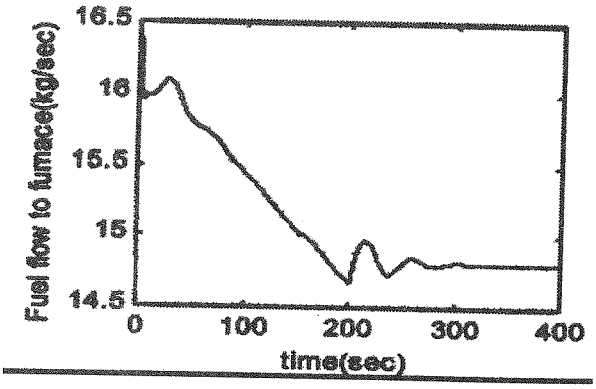
شکل(۶) یک نمونه اخطار در برنامهModified Expert Plant.



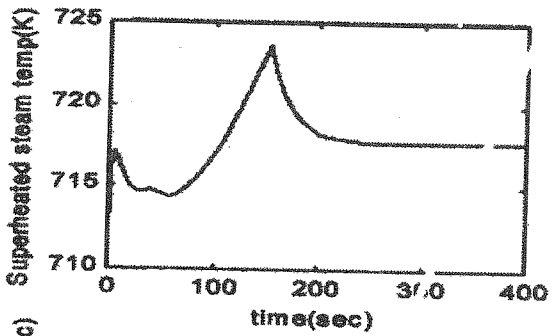


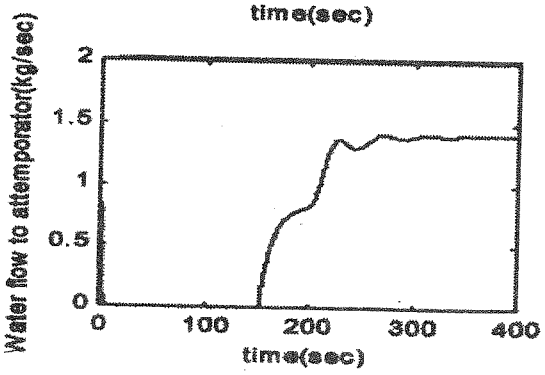
شکل (۹) تغییرات سطح آب درام و نرخ آب ورودی به آن در مثال (الف)



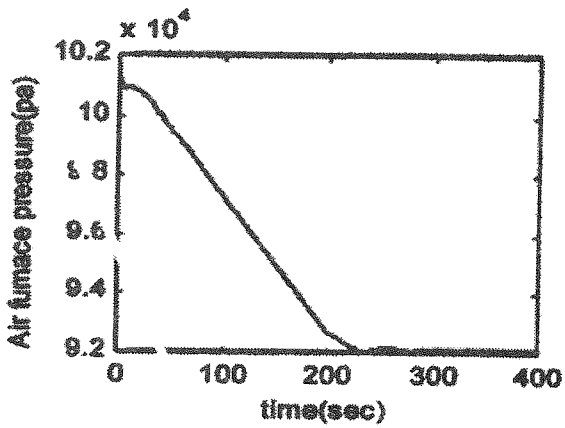


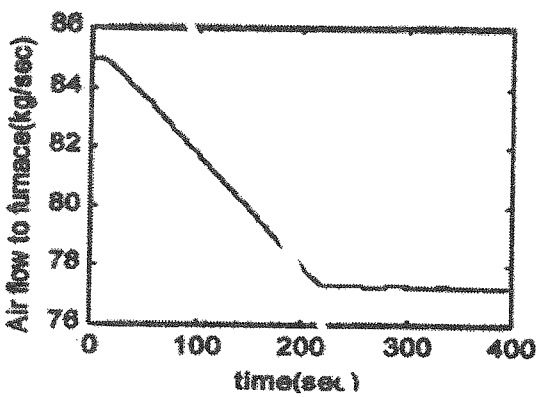
شکل (۷) تغییرات فشار بخار سوپرهیتر و نرخ سوخت
ورودی به کوره درمثال (الف)



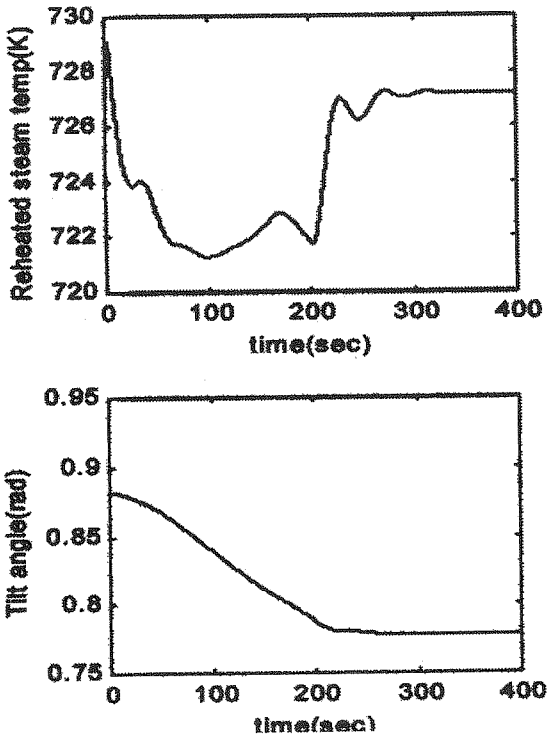


شکل (۱۰) تغییرات دمای بخار سوپرهیتر و نرخ آب ورودی
به خنک کننده آن در مثال(الف)

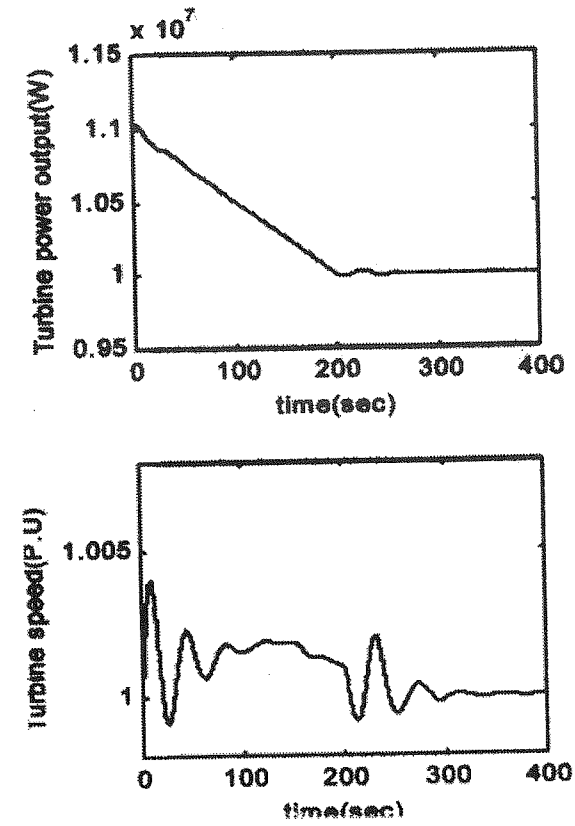




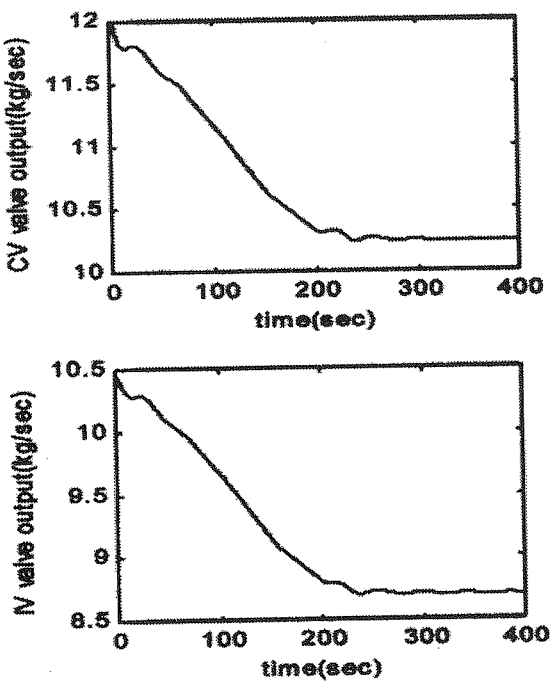
شکل (۸) تغییرات فشار هوای کوره و نرخ هوای
ورودی به آن در مثال(الف)



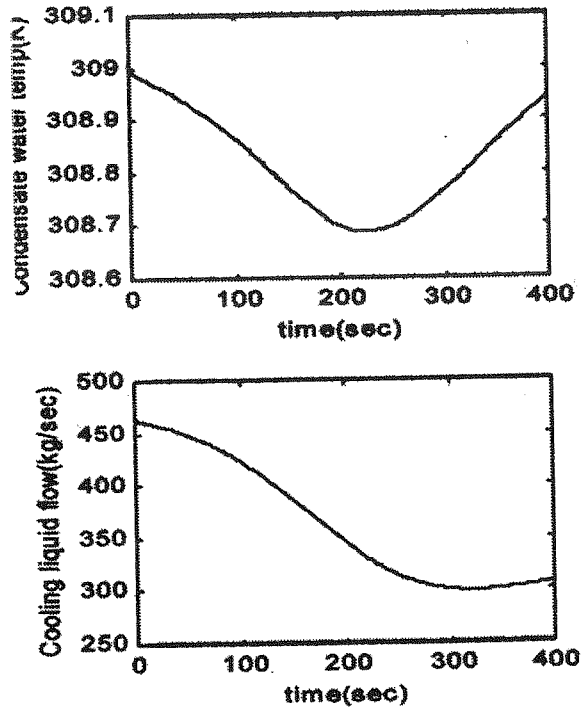
شکل (۱۱) تغییرات دمای بخار ریهیتر و شیب شعله کوره در مثال(الف).



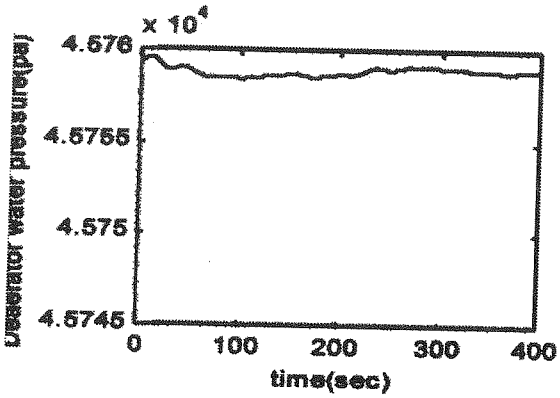
شکل(۱۲) تغییرات توان مکانیکی توربین بخار و سرعت آن در مثال(الف).

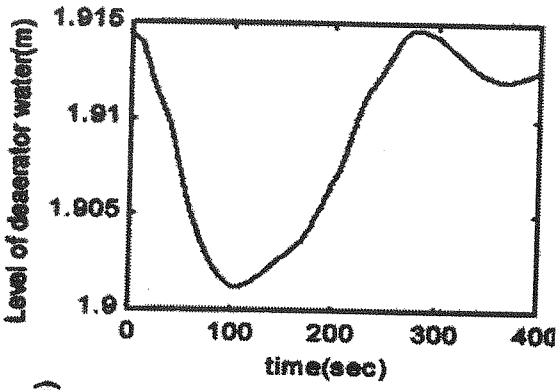


شکل (۱۳) تغییرات نرخ بخار خروجی از شیرهای کنترل توربین در مثال (الف).

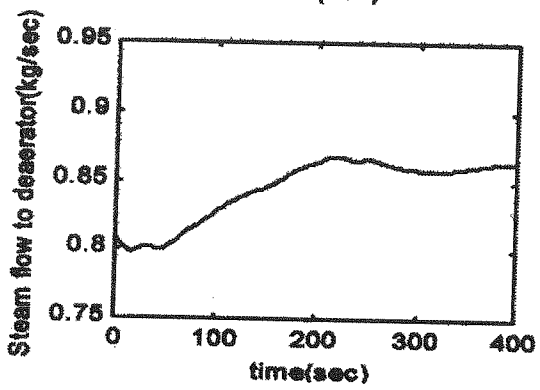


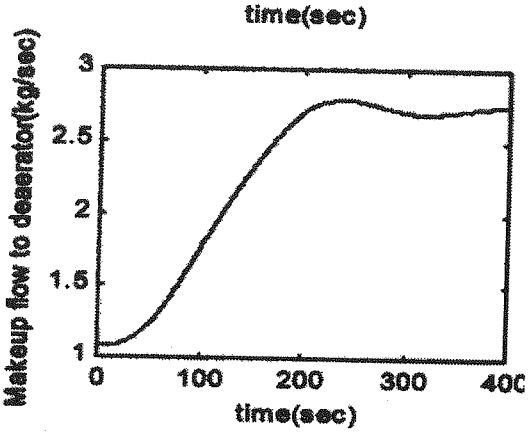
شکل (۱۴) تغییرات دمای آب خروجی و نرخ مایع خنک کننده ورودی به کندانسور در مثال(الف).



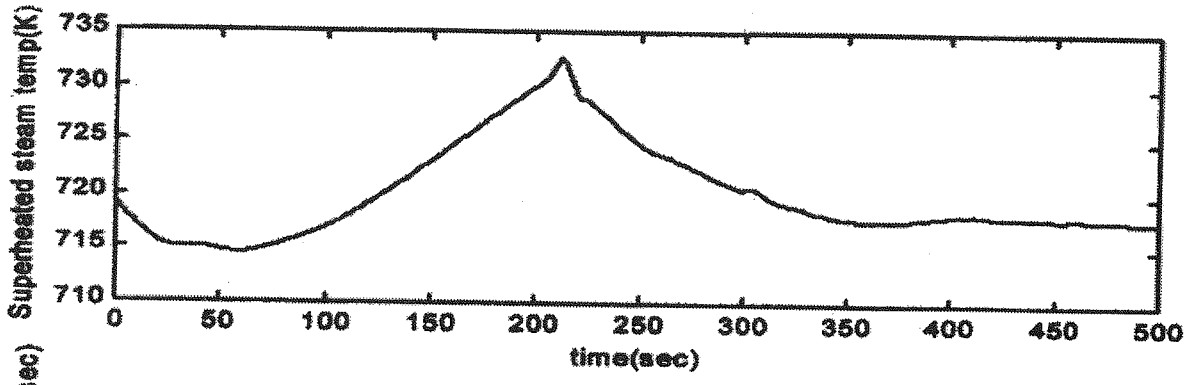


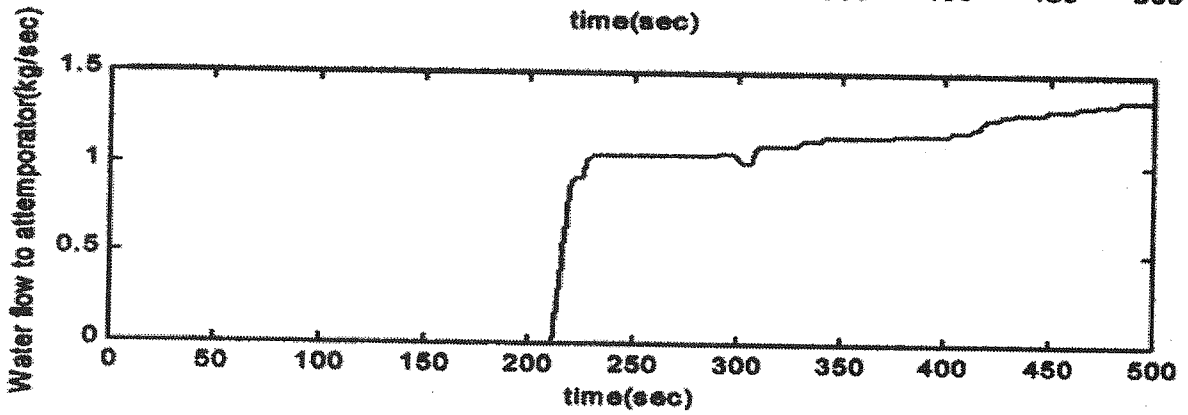
شکل (۱۵) تغییرات سطح آب هوازدا و نرخ آب ورودی به آن در مثال(الف).





شکل (۱۶) تغییرات فشار آب هوازدا و نرخ بخار ورودی به آن در مثال (الف).





شکل (۱۷) تغییرات دمای بخار سوپرهیتر و نرخ آب ورودی به خنک کننده آن در مثال (ب).

1- Intelligent Tutoring Systems
2- Object Oriented Programming
۳ ـ سیمولاتور به معنی شبیه سازی در زمان واقعی است.
4- Simulator Software
5- Modular
6- Object-Oriented
7- Artificial Intelligence
8- Expert System
9- Intelligent Tutoring Systems
10- Inelligent Tutoring Plant Simulator
11- Tutor
12- Learning
13- Teaching
14- Latent Knowledge
15- Knowledge Base
16- Inference
17- Scheme
18- User Interface
19- Frame
20- Cause & Effect
21- Rules
21- Socratic
22- Learing By Doing
23- Learing While Doing
24- Dynamic Linking Libraies
25- Real Time
26- Alarm

مراجع

[1] Zanobeti: Power Station Simulators, Elsevier 1989.

[2] Lukas. M. N, Ghezelaygh. H, Lee. K.. Y: An Interactive Distributed Simulator for Commerical Power Plant, IEEE Trans on Energy Conversion, Vol 12., No 3, September 1997, pp 259-265.

[3] Lu. S, Hogg.BW: Power Plant Analyzer-A Computer Coded for Power Plant Operation Studies,IEEE Trans on Energy Conversion, Vol 11, No 4, December 1996, pp 742-746.

[4] Eborn. J, Nilsson. B: Simulation of a Power Plant Using An Object-Oriented Model Database, 1996 IFAC 13th Triennial World Congress, San Francisco, USA, pp 121-126.

[5] Breck. B, Eschenbach.C: Object Oriented Simulation of Plant-Environment Interaction, ASU Newsletter, Vol 24, Feb 1998, pp 1-8.

[6] Lu. S, Swidenbank. E. Hogg. B. W: An Object-Oriented Power Plant Adaptive Control System Desigh Tool, IEEE Trans on Energy Conversion Vol 10, No 3, September 1995, pp 20-27.

[7] Lu.S: Dynamic Modelling and Simulation of Power Plant System, Journal of Power and Energy, Proceeding Part A, Vol 213, 1999, pp 7-22.

[8] Kola. V, Bose. A, Anderson. P. M: Power Plant Models for Operator Training Simulator, IEEE Trans on Power Systems, Vol 4, No 2, 1989, pp 559-565.

[9] Maffeezzoni C: Issuse in Modelling and Simulation of Powetr Plants, IFAC Symposrum on Control of Power Plant and Power Systems, Munich, Germany, 1992, pp 15-27.

[10] Lang Pedersen, H: Models for Use In power Plant Operation, Journal of Electrical Power and Energy systems, Vol 14, No 5, October 1992, pp 321-335.

[11] Van Son P.J.M: Introduction of Expert Systems and Fuzzy Logic Into The Operation Environment of Power Plant and Power Systems, IFAC Symposium on Control of Power Plant and Power Systems, Munich, Germany, 1992, pp 15-18.

[12] Velasco, J.R. Fernandez. G, Magdalena. L: Inductive Learning Applied to Fossil Power Plant Control Optimization, IFAC Symposium on Control of Power Plant and Power Systems, Munich, Germany, 1992, pp 219-224.

[13] Bganara. S, Nicoletti. R, Maini. M, Zardetto. G: The Design Process of An Expert System to Support Plant Operators, IFAC Symposum on Control of Power Plant and Power Systems, Munich, Germany, 1992, pp 213-217.

[14] Msatsumoto. H, Takahasi. S, Akiyama. T, Ishiguro. O: an Expert System For Startup Optimization of Combined Cycle Power Plants Under NOX Emission Regulation and Machine Life Managment, IEEE Trans on Energy Conversion, Vol 11, no 2, June 1996, pp 414-422.

[15] Hoffman, S: A New Era For Fossil Power Plant Simulators, EPRI Journal, Vol. 20, No 5, Sep-Oct 1995, pp 20-27.

[16] Van Lamsweerde. A, Dufour. P: Current Issues In Expert Systems, Academic Press 1987, pp 20-27.

[17] Matsubara. Y, Toihara, S, Tsukinari. Y, Nagmachi. M: Virtual Learning Environment for Discovery Learning and Its Application on Operator Training, IEICE Trans on Information & Systems,Vol E-80D, Feb 1997, pp 176-188.

[18] Ordy. A, Katebi. R, Johnson. M, Grimble. M: Modelling and Simulation Of Power Generation Plants, Springer-Verlag 1994.

[19] Knowles. J. B: Simulation & Control of Electerical Power Stations, Research Studies Press LTD 1990.

[20] Dolezal: Simulation of Large State Variations in Steam Power Plant (Dynamic of Large Scale Systems), Springer-Verlag 1987.

[21] Welfonder. E: Constrained Control Concepts in Power Plant and Power Systems for Avoiding Emergency Conditions, IFAC Symposium on Control of Power Plant & Power Systems, Munich, Germany, 1992, pp 1-14.

[۲۲] مجموعه گزارشات پروژه ملی سیمولاتور نیروگاه بخار سوخت فسیلی، مجری : دکتر حسین سیفی.

[23] Mathworks: MATLAB & SIMULINK USERS, Manuals 1999.