

مدلسازی کنترل والو آب ورودی به دی اریتور نیروگاه سیکل ترکیبی شریعتی مشهد توسط شبکه های عصبی فازی تطبیقی

سید امیر حسین بحرینی

مصطفی کریم پور

نیروگاه سیکل ترکیبی شریعتی مشهد

چکیده

یکی از موضوعات مهم در کنترل سیستم های صنعتی ایجاد قابلیت اطمینان بالا جهت بهره برداری می باشد. با توجه به اینکه میزان آب ورودی به بویلر از اهمیت بالایی برخوردار است لذا به نظر ضروری میرسد که بتوان علاوه بر اندازه گیری دبی آب توسط فلومتر، دبی آب ورودی را توسط خود کنترل والو نیز اندازه گیری نمود. با توجه به مطالب عنوان شده مدلسازی کنترل والو به طوری که امکان محاسبه دبی خروجی آن را فراهم آورد موضوعی در خور توجه می باشد. در این پژوهش کنترل والو آب ورودی به دی اریتور یکی از بویلر های نیروگاه سیکل ترکیبی شریعتی مشهد با استفاده از اطلاعات ذخیره شده در سیستم دی سی اس نیروگاه توسط شبکه های عصبی فازی تطبیقی مدلسازی شد. نتایج حاصل حاکی از آن است که مدل ارائه شده قادر به پیش بینی دبی خروجی والو با در نظر گرفتن ورودی هایی از جمله میزان باز بودن کنترل والو، فشار و دمای آب با دقت بالای ۹۹٪ می باشد.

واژه های کلیدی: کنترل والو، مدلسازی، شبکه های عصبی فازی تطبیقی.

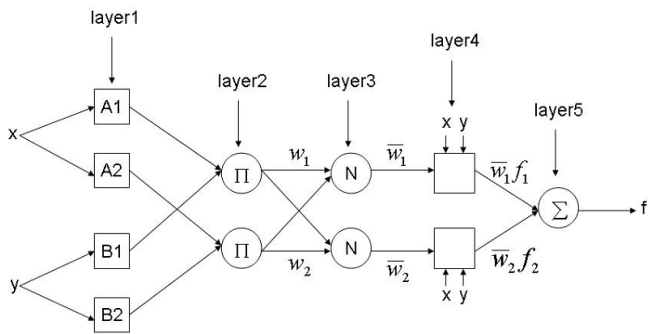
۱- مقدمه

در سال های بعد راباسکین و همکاران مدل نیروگاه فسیلی را ارائه کردند [۳]. در پژوهشی دیگر با استفاده از سری های زمانی به مدلسازی موتور با بار پرداخته شده در این مدل که از ARMAX استفاده شده است سیستم به دو قسمت خطی و غیر خطی تبدیل شده و سپس مدلسازی صورت گرفته است [۴].

یک روش دقیق برای شبیه سازی سیکل ترمودینامیکی نیروگاههای بخار در نیروگاه منتظر القائم توسط ترمو فلو صورت گرفته است [۵].

جهت شبیه سازی سیستم کنترل والو آب ورودی به دی اریتور لازم است سه پارامتر مهم میزان باز بودن والو، فشار آب ورودی و دمای آن به عنوان ورودی های سیستم بهره

یکی از مهمترین زمینه های مطالعاتی نیروگاه، شبیه سازی عملکرد تجهیزات آن تحت شرایط مختلف می باشد. در کشورهای مختلف پیشرفته دنیا تحقیقات گسترده ای در این زمینه صورت گرفته است. از این نتایج می توان به برنامه کامپیوتری PPA ارائه شده توسط هاگ و همکاران اشاره کرد [۱]. مدلسازی دینامیکی نیروگاه جهت پیش بینی رفتار گذرای اجزاء آن تحت شرایط ناپایدار خواهد بود. یکی از اولین مدل های دینامیکی ارائه شده در این زمینه مدل غیرخطی بویلر با درام بخار می باشد که توسط استورم ارائه شده است [۲].



شکل ۱: ساختار معادل ANFIS

نظریه فازی بر اساس نظریه مجموعه های فازی بوجود آمده است. مجموعه صریح یا کلاسیک معمولاً به صورت تعدادی عضو به صورت $x \in X$ تعریف می شود. که در این حالت هر عضو x می تواند متعلق به مجموعه B باشد یا نباشد. در صورت تعلق x به مجموعه B درجه عضویت آن برابر یک است و در غیر این صورت درجه عضویت آن صفر می باشد و واضح است که $B \subset X$ است [۱].

اگر X مجموعه مرجع باشد که هر عضو آنرا بتوان با x نمایش داد در اینصورت مجموعه فازی A را می توان به صورت رابطه ۱ نمایش داد.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\} \quad (1)$$

$\mu_A(x)$ تابع عضویت مجموعه فازی A می باشد. که میزان تعلق x به مجموعه فازی A را نشان می دهد. برد این تابع اعداد حقیقی غیر منفی می باشد که یک مقدار ماکزیمم برای آن در نظر گرفته می شود و در حالت نرمال به صورت فاصله $[0, 1]$ در نظر گرفته می شود.

۲-۱- توابع عضویت

مجموعه های فازی از نظر شکل تابع عضویت و درجه فازی بودن به بخش های مختلف تقسیم می شوند که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

توابع عضویت انواع مختلفی دارند که در ادامه به بررسی انواع آن پرداخته می شود. تابع S گونه یک نمونه از این توابع می باشد در شکل ۲ نشان داده شده است.

گرفت. با توجه به اینکه قطر لوله آب کنترل والو مذکور در طی فرآیند تغییر نمی کند قطر لوله به عنوان پارامتر موثر در مدل سازی مورد استفاده قرار نگرفت؛ و با توجه به عدم وجود فشار سنج بعد از کنترل والو ها، مدل های اندازه گیری دبی مبتنی بر اختلاف فشار بین ورودی خروجی والو کارایی ندارند. لذا استفاده از سیستم های هوشمند نظیر سیستم های عصبی فازی تطبیقی که دقت بسیار بالایی در مدل سازی دارند می تواند در حصول نتیجه کارایی بسیار خوبی داشته باشند.

دی اریتور دستگاهی مکانیکی است که برای جدا کردن گازهای محلول در آب تقطیر شده (آب کندانس) استفاده می شود. دی اریتور در مسیر آب تغذیه دیگ یعنی بین مخزن آب تقطیر شده و دیگ و معمولاً بالاتر از دیگ بخار نصب می شود. از آنجا که با حرارت دادن آب، گازهای محلول در آن جدا می شوند، در دی اریتور با استفاده از گرمای بخار تولید شده در دیگ، آب تغذیه دیگ را گرم کرده و گازهای آن را جدا می کنند. بخار آب وارد شده به دی اریتور در اثر از دست دادن حرارت خود تقطیر شده و به دستگاه برگشت داده می شود. چون گازهای آزاد شده غیر قابل چگالیده شدن می باشند، همراه بخار آب باقیمانده در دی اریتور از طریق یک لوله به هوای خارج هدایت می شود. با طراحی مناسب، سطح تماس فاز بخار و فاز مایع در دی اریتور را افزایش داده و برای جلوگیری از مصرف بالای بخار آب، دی اریتور و مخزن آن عایق می شود.

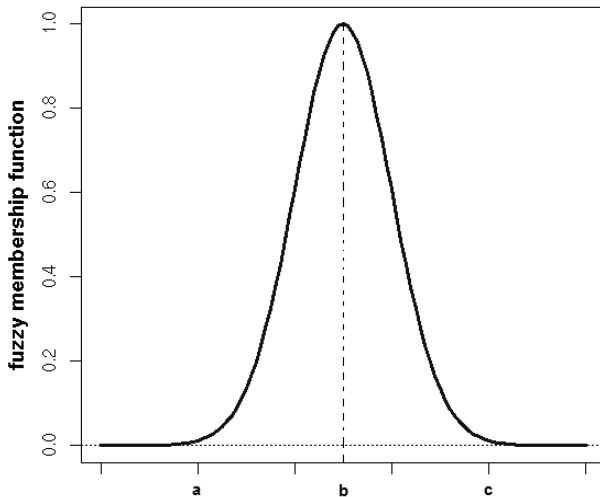
در این مقاله با استفاده از شبکه های عصبی فازی تطبیقی مدل سازی کنترل والو مورد نظر انجام گرفت. در ادامه در قسمت اول به بررسی روابط حاکم بر سیستم کنترل فازی پرداخته شده و در بخش دوم روش مدل سازی صورت گرفته مورد ارزیابی قرار می گیرد و در انتها نیز به ارائه نتیجه گیری و ارائه پیشنهاداتی جهت بهبود سیستم پرداخته می گردد.

۲- شبیه سازی توسط سیستم های فازی

ANFIS شبکه تطبیق پذیر و قابل آموزشی است که به لحاظ عملکرد کاملاً مشابه سیستم استنتاج فازی است. ساختار معادل ANFIS به صورت شکل ۱ خواهد بود [۶]:

$$Z(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \geq c \\ 2\left(\frac{x-c}{c-a}\right)^2 & \text{if } b \leq x \leq c \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2 & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{if } x \leq a \end{cases} \quad (3)$$

تابع عضویت دیگری که در سیستم های فازی مطرح است تابع π گونه می باشد یک نمونه از این تابع عضویت در شکل ۴ مشاهده می گردد.



شکل ۴: تابع عضویت π گونه

طبق رابطه های ۲ و ۳ می توان تابع عضویت π گونه را به صورت رابطه ۴ تعریف کرد.

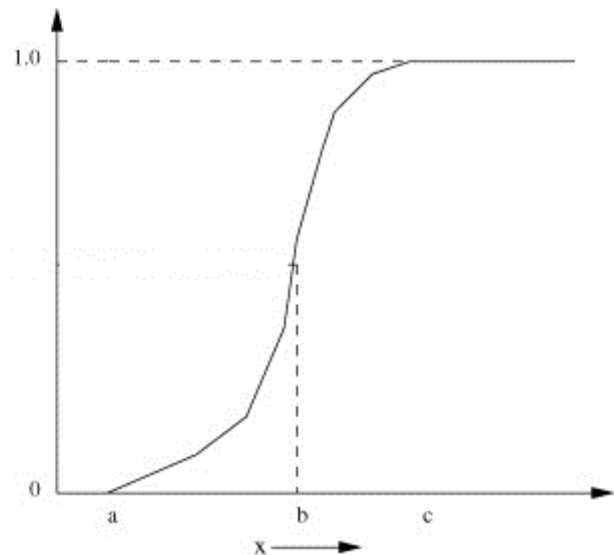
$$\pi(x; a, b, c) = \begin{cases} Z\left(x; b - a, \frac{b-a}{2}, b\right) & \text{if } x \leq b \\ 1 - S\left(x; b, \frac{b+c}{2}, c\right) & \text{if } x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

طبق رابطه های ۲ و ۳ می توان تابع عضویت π گونه را به صورت رابطه ۵ تعریف کرد.

$$v(x; a, b, c) = \begin{cases} Z\left(x; b - a, \frac{b-a}{2}, b\right) & \text{if } x \leq b \\ S\left(x; b, \frac{b+c}{2}, c\right) & \text{if } x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

۲-۲- سیستمهای استنتاج فازی

در بحث مدلسازی می توان از دو نوع سیستم استنتاج فازی مددانی و سوگینو بهره برد. تفاوت این روش ها عمدتاً بخاطر اختلاف در قواعد فازی، تفاوت در نتیجه گیری و نوع نفاذ سازی آنها می باشد. در ادامه به بررسی دو نوع استنتاج فازی که بسیار متداول هستند مورد بررسی قرار می گیرند. روش اول سیستم استنتاج مددانی بوده و سیستم دوم سیستم استنتاج سوگینو می باشد.

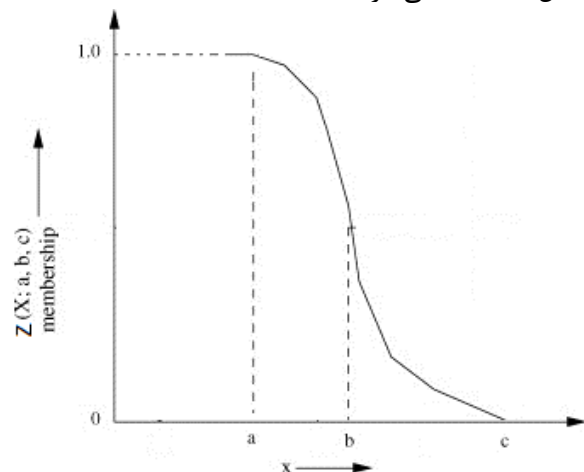


شکل ۲: تابع عضویت S گونه

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می گردد a, b, c به ترتیب حد پایین، وسط و بالای تابع عضویت می باشند. با توجه به مقادیر آستانه می توان هر تابع S گونه را به صورت رابطه ۲ تعریف کرد.

$$S(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2 & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1 - 2\left(\frac{x-c}{c-a}\right)^2 & \text{if } b \leq x \leq c \\ 1 & \text{if } x \geq c \end{cases} \quad (2)$$

تابع عضویت دیگری که در سیستم های فازی مطرح است نوع Z گونه می باشد که یک نمونه از این تابع عضویت در شکل ۳ مشاهده می گردد.



شکل ۳: تابع عضویت Z گونه

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می گردد a, b, c به ترتیب حد بالا، وسط و پایین تابع عضویت می باشند. با توجه به مقادیر آستانه می توان هر تابع S گونه را به صورت رابطه ۳ تعریف کرد.

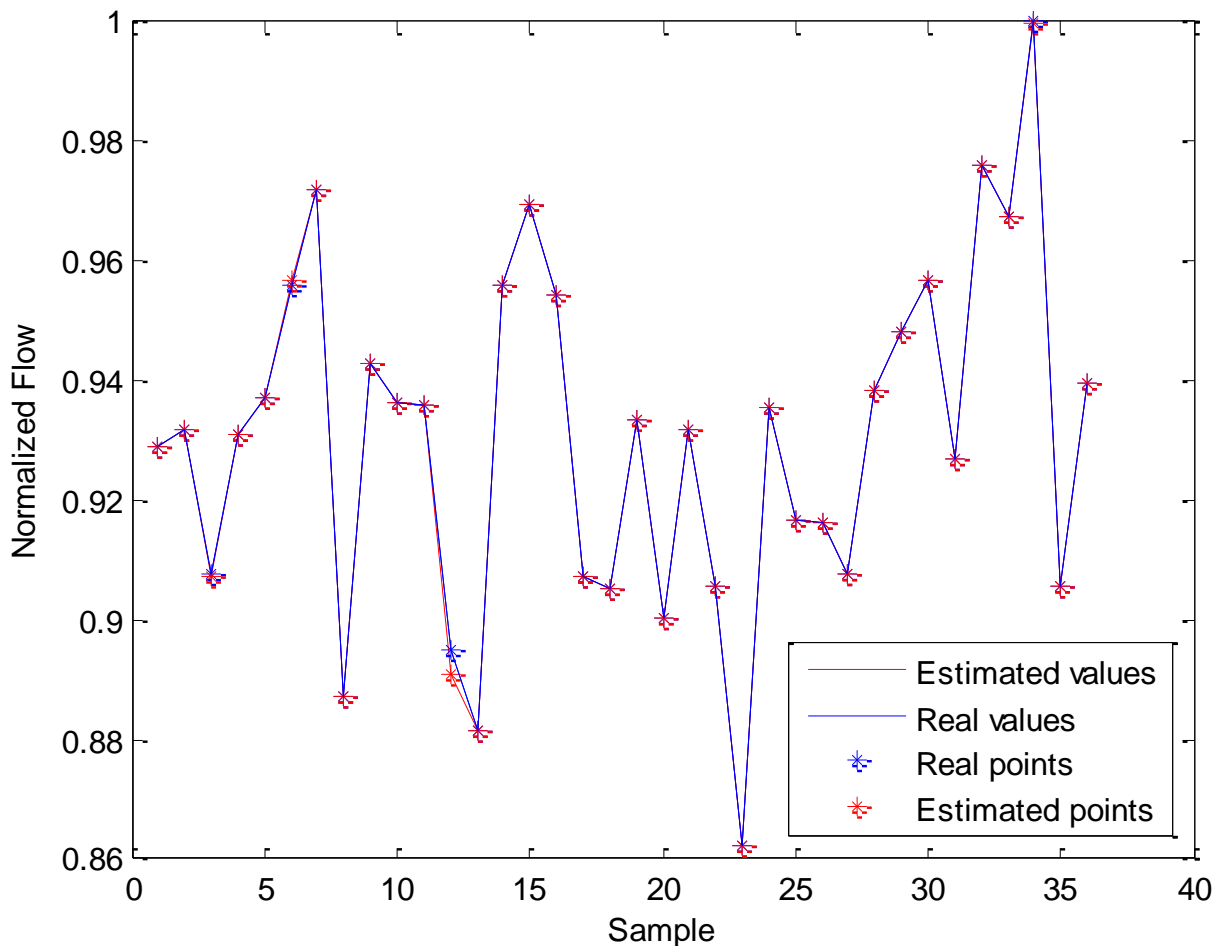
۱-۲-۲- سیستم استنتاج فازی ممدانی

مدل استنتاج فازی ممدانی نخستین بار جهت کنترل یک موتور بخار با قوانین و قواعد زبانی بوجود آمده است. در این مدل عملکرد به این صورت است که در قسمت مقدم و تالی قوانین هر دو متغیر زبانی می باشد. برای نتیجه گیری نهایی چندین قانون نیز باید مرکز سطح مربوط به اجتماع همه قوانین بدست آورده شود.

۲-۲-۲- سیستم استنتاج فازی سوگینو

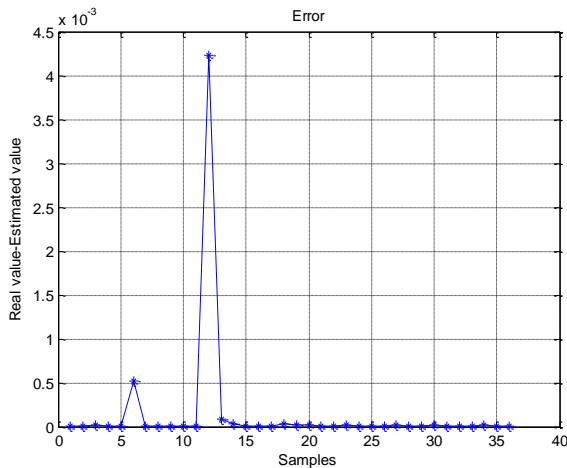
مدل استنتاج فازی سوگینو که توسط تاکاگی سوگینو و کنگ پیشنهاد گردیده یک روش سیستماتیک در جهت ارائه قوانین و قواعد فازی از روی مجموعه داده های معین می باشد. در این مدل قوانین و قواعد فازی در قسمت مقدم به صورت زبانی می باشند و در قسمت تالی قوانین و قواعد به صورت فرمولی بیان می گردند. با توجه به اینکه هر قانون

فعال دارای یک خروجی می باشد نتیجه نهایی از طریق میانگین وزنی همه قانون های فعال بدست می آید. که در مقایسه با مدل استنتاج ممدانی از پیچیدگی محاسبه خروجی بسیار کمتری برخوردار می باشد. در این مقاله داده های ورودی به سیستم کنترل فازی اعمال می گردند و توسط سیستم استنتاج سوگینو مدلی بهینه بر روی سیستم تنظیم و اعمال می گردد نتایج حاصل که در بخش بعدی



شکل ۵: مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده مربوط به باز بودن میزان کنترل والو.

۳- مدل‌سازی ریاضی سیستم



شکل ۶: مقدار قدر مطلق خطا

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله با استفاده از شبکه‌های عصبی و عصبی فازی تطبیقی کنترل والو مربوط به دی اریتور بویلر نیروگاه شریعتی مشهد مدل‌سازی گردید و مشاهده شد مدل قادر به پیش‌بینی دبی با دقتی بالاتر از ۹۹٪ می‌باشد و می‌تواند به عنوان مرجع مناسبی جهت بررسی میزان دقت و کالیبره بودن فلومتر استفاده نمود. شایان ذکر است که بررسی فلومتر نصب شده توسط فلومترهای آلتراسونیک و غیره که از بیرون قابل نصب هستند به دلیل خطای بالای این دستگاهها به نسبت فلومترهای داخلی علاوه بر هزینه و وقت دقت سیستم پیشنهادی را نیز ندارند. لذا در مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردد برای مابقی کنترل والو‌ها نیز مدل‌سازی صورت گیرد و به عنوان یک رفرنس خروجی با مقادیر نمایش داده شده توسط فلومتر مقایسه گردد تا اولاً بتوان قبل از آسیب تجهیزات دیگر بدلیل عبور آب یا سوخت بیش از اندازه از کنترل والو و تریپ احتمالی واحد جلوگیری نمود و نسبت به تعمیر کنترل والو اقدام نمود و جهت تعمیرات نیز سیستم بدون نیاز به خارج کردن واحد تا زمان توقف زمان بندی شده قادر به ادامه کار باشد.

جهت مدل‌سازی از سه ورودی درجه حرارت آب، درصد باز بودن والو و فشار آب قبل از کنترل والو استفاده گردید و خروجی مسئله نیز میزان دبی خروجی در نظر گرفته شد. جهت استفاده از سیستم فازی از ۷۰٪ داده‌ها جهت آموزش و اعتبار مدل نیز توسط ۳۰٪ باقیمانده تست گردید. به این صورت که داده‌های تست و آموزشی چندین بار مورد آموزش و ارزیابی سیستم قرار گرفتند و سپس بر زده شدند و دوباره مورد استفاده قرار گرفتند و میانگینی از این نتایج به عنوان نتیجه کلی در نظر گرفته شده است. مدل فازی پیشنهادی در این سیستم شامل ۳ تابع عضویت به صورت بل شکل برای هر یک از ورودی‌ها و خروجی می‌باشد، و تعداد مرحله اجرا ۱۰۰ در نظر گرفته شد. جهت مدل‌سازی سیستم ابتدا داده‌های ورودی، خروجی نرمالیز شدند سپس برنامه مدل‌سازی اجرا گردید. شکل ۵ نشان دهنده داده‌های مقادیر واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده دبی آب خروجی با استفاده از سیستم عصبی فازی تطبیقی می‌باشد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌گردد در تمامی نمونه‌ها نقاط قرمز رنگ که مقادیر پیش‌بینی شده دبی هستند تقریباً روی نقاط اندازه‌گیری شده دبی توسط فلومتر قرار گرفته اند جز موارد اندکی مانند نمونه ۱۲ که تفاوت بسیار ناچیزی میان مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده مشاهده می‌گردد.

شکل ۶ میزان خطای مابین مقدار اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده را نمایش می‌دهد. با توجه به نتیجه حاصل مشاهده می‌گردد که خطا در تمامی موارد بسیار اندک و حدود صفر می‌باشد و تنها در نمونه ۶ و ۱۳ اندکی تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده مشاهده می‌گردد، که آن هم بسیار اندک در بیشترین مورد حدود $10^{-3} * 4/3$ می‌باشد. لازم به ذکر است داده‌های آموزش و تست به صورت رندم به نسبت ۷۰ به ۳۰ انتخاب گردیدند که نتایج خطای پیش‌بینی مقادیر دبی متوسط اجرای چندین بار پیاپی برنامه می‌باشد.

مراجع

- [1] S.Lu, Member, IEEE and B.W.Hong, Senior Member, IEEE, "Power Plant Analyser_ A Computer Code for Power Plant Operation Studies", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.11, No.4, 742-747, 1996.
- [2] K.J.Astrom and K.Eklund, "A Simplified Nonlinear Model for a Drum Boiler Turbine Unit",

International Journal of Control, Vol.16, No.1,145-169, 1972.

[3]Alexander S.Rubashkin and Mark Khesin, "Dynamic Models for Power Plant Training Simulators", Proceedings of the American Power Conference, 871-876.

[4]Nonlinear modeling and identification of a DC motor for bidirectional operation with real time experiments. Energy Conversion and Management, Elsevier, 2004

[۵] شمشیرگران، دفاعی راد، نوذری "ارائه مدلی برای شبیه سازی سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار منتظر قائم" بیست و دومین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، ۱۳۹۳

[6]JANG, J.S.R. "Anfis adaptive-network-based fuzzy inference system. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 23, 665–685.1993

[7] Zimmerman H.J. "Fuzzy set theory and its applications" Kluwer academic publisher, 1996