



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

طراحی بهینه‌ی کنترل‌کننده‌های هوشمند مشعل‌های صنعتی با استفاده از مدل نوروفازی ترکیبی تاکاگی - سوگنو

حسین رفیع زاده^۱، محمدرضا کوشکیان^۲.

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، گروه مکانیک، یزد، ایران

rafizadehhossein@gmail.com

چکیده

مشعل‌های صنعتی در صنایع مختلفی همچون آهن، فولاد، نفت، پتروشیمی، تأسیسات گرمایشی، سیمان، اتاق رنگ صنایع خودرو و ... دارای رکنی اساسی هستند. کاهش مصرف سوخت و همچنین کارکرد بهینه‌ی مشعل‌های صنعتی از دغدغه‌های اصلی مصرف‌کنندگان و صنعتگران می‌باشد. بهینه‌سازی در کنترل، باعث بهبود عملکرد و کاهش مصرف سوخت مشعل‌های صنعتی می‌شود. طراحی کنترل‌کننده‌های هوشمند به منظور کاهش مصرف سوخت و کارکرد بهینه‌ی مشعل‌های صنعتی، مبحثی است که در این مطالعه بر روی آن تمرکز خواهد شد. از گذشته تا کنون کنترل مشعل‌های صنعتی توسط اپراتور، ترموستات و سلول‌های فتوالکتریک (چشم الکتریکی) صورت می‌گرفت که دقت چندانی نداشت. در مقاله حاضر خواهید دید که چگونه با استفاده از مدل نوروفازی ترکیبی تاکاگی - سوگنو می‌توان کنترل‌کننده‌ی طراحی کرد که باعث بهینه‌سازی در مصرف سوخت مشعل‌های صنعتی گردد. این کنترل‌کننده با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر حرارت مورد نیاز، نوع بار (ثابت یا متغیر) و نوع سوخت مصرفی به کنترل هوشمند مشعل‌های صنعتی می‌پردازد. برای این منظور پس از ایجاد مدل، از تعدادی داده‌های آزمایشی برای آزمون کارایی مدل استفاده خواهد شد و نتایج به دست آمده با نمونه‌های کنترل دستی مقایسه می‌گردند. ارزیابی نتایج نشان خواهد داد که مدل ایجادشده با دقت بالاتری نسبت به سایر نمونه‌های موجود، کنترل هوشمند مشعل‌های صنعتی را در دست می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: سوگنو، عصبی، فازی، مشعل، هوشمند

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد



۱- مقدمه

استفاده از سیستم‌های احتراق صنعتی در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بسیار حائز اهمیت می‌باشد [۱]. مشعل به عنوان بخش اصلی سیستم‌های احتراق صنعتی در نظر گرفته می‌شود [۲]، [۳]. کاربرد فراوان در صنایع مختلف باعث شده است که کنترل این نوع مشعل‌ها به عنوان یکی از مسائل مهم در طراحی آن‌ها در نظر گرفته شود.

طراحی کنترل‌کننده‌های هوشمند به منظور کاهش مصرف سوخت و کارکرد بهینه مشعل‌های صنعتی، مبحثی است که در این تحقیق بر روی آن تمرکز خواهد شد. در این مطالعه خواهید دید که با استفاده از مدل نوروفازی ترکیبی تاکاگی-سوگنو می‌توان کنترل‌کننده‌ای طراحی کرد که باعث بهینه‌سازی در مصرف سوخت مشعل‌های صنعتی گردد. این کنترل‌کننده با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر حرارت مورد نیاز، نوع بار (ثابت یا متغیر) و نوع سوخت مصرفی به کنترل هوشمند مشعل‌های صنعتی می‌پردازد.

در این مقاله از مدل نوروفازی ترکیبی به روش تاکاگی-سوگنو استفاده خواهد شد. این روش با استفاده از لایه‌های نورونی خود به بهینه‌سازی کنترل‌کننده‌ی مشعل صنعتی می‌پردازد. اطلاعات و داده‌ها نظیر حرارت مورد نیاز، نوع بار (ثابت یا متغیر) و نوع سوخت مصرفی از روابط حاکم بر کنترل‌کننده‌ی مشعل‌های صنعتی دریافت و ذخیره خواهد شد.

ارزیابی نتایج نشان خواهد داد که کارکرد بهینه در مشعل‌های صنعتی با استفاده از کنترل‌کننده‌های هوشمند امکان‌پذیر است، طراحی کنترل‌کننده‌های هوشمند باعث کاهش مصرف سوخت در مشعل‌های صنعتی می‌شود و با استفاده از مدل نوروفازی ترکیبی تاکاگی-سوگنو می‌توان کنترل‌کننده‌ای طراحی کرد که باعث بهینه‌سازی در مصرف سوخت مشعل‌های صنعتی گردد.

مشعل‌های صنعتی دوگانه‌سوز که از هر دو سوخت نفت یا گاز طبیعی استفاده می‌کنند، در تحقیقی به عنوان نامزدی برای اجرای راه‌برد کنترل در نظر گرفته شدند. دو مشعل ۲۰ و ۸۰۰ کیلووات در یک کوره‌ی تونلی نصب شدند و از طریق ارسال پالس به داخل منبع هوا برای کنترل فعال گردیدند. با استفاده از عیب‌یابی نوری و تصویربرداری، تکامل ساختارهای حلقوی در شعله‌های آتش نشان داده شد. نتایج به دست آمده از کنترل فعال، غیرفعال و دستی نشان داد که افزایش قابل توجهی از احتراق را می‌توان با استفاده از ابزار مدرن و ایده‌های جدید به دست آورد [۴].

بررسی پتانسیل فشار و حسگرهای تابش برای کنترل مشعل‌های صنعتی در مقاله‌ای صورت گرفت. این ابزار نیرومند و ارزان بودند. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بررسی وجود رابطه بین خروجی و شرایط عملیاتی و همچنین تعریف روش مناسبی برای پردازش سیگنال مورد نیاز بود. تجزیه و تحلیل پارامتری سیگنال‌های شعله برای طیف گسترده‌ای از شرایط عملیاتی نشان داد که سیگنال‌های شعله به طور گسترده‌ای با وضعیت احتراق واقعی متفاوت‌اند. روش رگرسیون چندگانه برای برخی از تأثیرات متقابل میان متغیرهای مختلف ارائه شد. شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان یک نوع متنوع تر از الگوریتم‌های مناسب برای فرم‌های کاربردی پیچیده‌ای از متغیرهای ورودی و خروجی معرفی گردید [۵].

مدل نوروفازی ترکیبی (Adaptive Neuro-Fuzzy Model) یک نوع شبکه عصبی است که بر سیستم استنتاج فازی تاکاگی-سوگنو (Takagi – Sugeno Fuzzy Inference System) مبتنی می‌باشد. از آنجایی که این مدل از ادغام شبکه عصبی و اصول منطق فازی تشکیل شده است، مزایای هر دو سیستم را در یک چارچوب واحد دارد. سیستم استنتاج آن مربوط به مجموعه‌ای از قوانین فازی است که توانایی یادگیری به تقریب از توابع غیرخطی را دارد [۶]. از این‌رو، مدل نوروفازی ترکیبی به عنوان یک ارزیاب جهانی در نظر گرفته شده است [۷].

به بیان دیگر نوعی آموزش برای سیستم‌های استنباط فازی است که از یک الگوریتم یادگیری ترکیبی برای شناسایی پارامترهای سیستم استنباط فازی استفاده می‌کند. این امر ترکیبی از روش حداقل مربعات و روش پس انتشار گرادیان نزولی



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

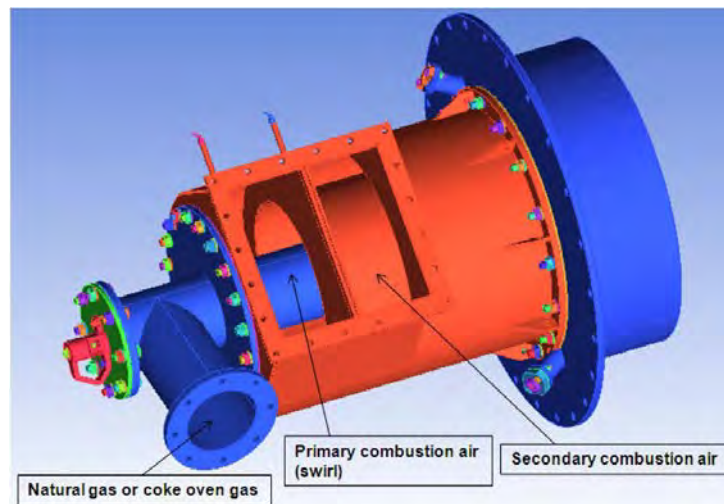
www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

(Backpropagation Gradient Descent) برای آموزش پارامترهای تابع عضویت برای پیروی از مجموعه‌ای از داده‌ها است. این سیستم همچنین می‌تواند با استفاده از یک آرگومان اختیاری برای اعتبارسنجی مدل در نظر گرفته شود [۸].

۲- مشعل

مشعل دستگاهی است که با ترکیب مقدار معینی هوا و سوخت (به این عمل احتراق گفته می‌شود) در یک فضای ایمن، انرژی سوخت را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. در اثر این احتراق مقداری گاز نیز تولید شده که از راه دود کش خارج خواهد شد. این انرژی تولیدشده توسط دو روش جابه‌جایی و تشعشع به محیط اطراف انتقال داده می‌شود. در شکل ۱ نقشه‌ی سه‌بعدی یک مشعل صنعتی نشان داده شده است.



شکل ۱: پوسته‌ی خارجی مشعل صنعتی مدل BHF.M.10 [۹].

۲-۱- دسته‌بندی مشعل

مشعل‌ها بر اساس موارد زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- پروفیل شعله تولیدشده
- نوع سوخت
- طریقه اشتعال
- ظرفیت کاری

۲-۲- وظیفه مشعل

وظیفه اصلی مشعل ایجاد گرمایش می‌باشد که با توجه به نیاز، مشعل مورد نظر را انتخاب می‌شود. از مشعل‌ها به منظور تبدیل آب به بخار، گرم کردن مایعات ناقل حرارت، حرارت دهی مستقیم در پخت و پز و اکسید کردن، تأمین حرارت به منظور خشک کردن محصولات و سایر مصارف خاص استفاده می‌شود. یکی از بزرگ‌ترین استفاده‌های مشعل در صنعت گرمایش به عنوان موتور احتراق بویلرها می‌باشد. در انواع دیگرها مشعل‌هایی با ظرفیت کاری متفاوت استفاده می‌شود.



۲-۳- طرز کار مشعل

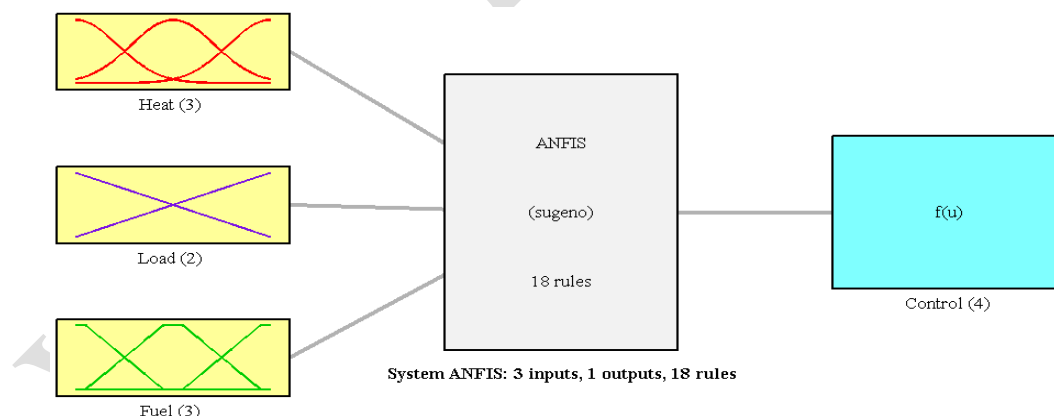
طرز کار مشعل به این شکل می‌باشد که با پاشش سوخت (گاز، گازوییل، مازوت) از طریق ورودی و ایجاد جرقه، حرارت مورد نیاز را به صورت شعله به داخل کوره هدایت می‌کند. در مشعل و دیگ تعدادی کنترل‌کننده وجود دارد که میزان و زمان هر کدام از فرآیندهای مشعل را کنترل می‌کنند. برای مثال ترموستات دیگ و کنترل دود که گاهی به جای آن از سلول فتوالکترونیک استفاده می‌شود، به طور خودکار باعث کار کردن و از کار افتادن مشعل می‌شود [۱۰]، [۱۱].

۳- هوشمند سازی سیستم با استفاده از مدل نوروفازی ترکیبی تاکاگی - سوگنو

در مقاله پیشرو به بررسی منابع معتبر علمی پرداخته شده و شبیه‌سازی رایانه‌ای صورت گرفته است. با استفاده از ورودی‌های داده شده به این سیستم، بهینه‌سازی انجام می‌گردد. از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای به منظور استخراج ورودی‌های مورد نیاز و از اطلاعات تجربی به منظور ابزاری برای جمع‌آوری داده‌های ورودی مسئله استفاده شده است. سپس به کمک مدل نوروفازی ترکیبی تاکاگی - سوگنو، مقادیر بهینه به دست خواهد آمد. سه عامل مؤثر بر کنترل مشعل (Control) یعنی حرارت مورد نیاز (Heat)، نوع بار (Load) و نوع سوخت مصرفی (Fuel) به عنوان ورودی‌های سیستم در نظر گرفته شده‌اند.

۳-۱- ایجاد مدل اولیه

برای ایجاد مدل کنترل‌کننده (سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی) از جعبه‌ابزار ANFIS در نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی اولیه با توجه به درک از کنترل و چگونگی تأثیر پارامترهای ورودی بر کنترل مشعل بنا می‌گردد. سه عامل مؤثر بر کنترل یعنی حرارت مورد نیاز، نوع بار و سوخت مصرفی به عنوان ورودی‌های سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی و کنترل مشعل به عنوان خروجی سیستم در نظر گرفته می‌شوند. در شکل ۲ نمودار کلی سیستم استنتاج فازی که از نوع سوگنو می‌باشد، نشان داده شده است.



شکل ۲: ساختار کلی سیستم استنتاج فازی از نوع سوگنو

در این مدل برای ورودی حرارت مورد نیاز سه تابع عضویت در نظر گرفته شده است که اولین تابع نماینده‌ی مقادیر کم، دومین تابع نماینده‌ی مقادیر متوسط و تابع سوم نماینده‌ی مقادیر زیاد می‌باشد. برای ورودی نوع بار دو تابع عضویت به عنوان بار ثابت و متغیر اتخاذ گردیده است. برای ورودی نوع سوخت مصرفی سه تابع عضویت در نظر گرفته شده است که هر کدام



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کیچیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

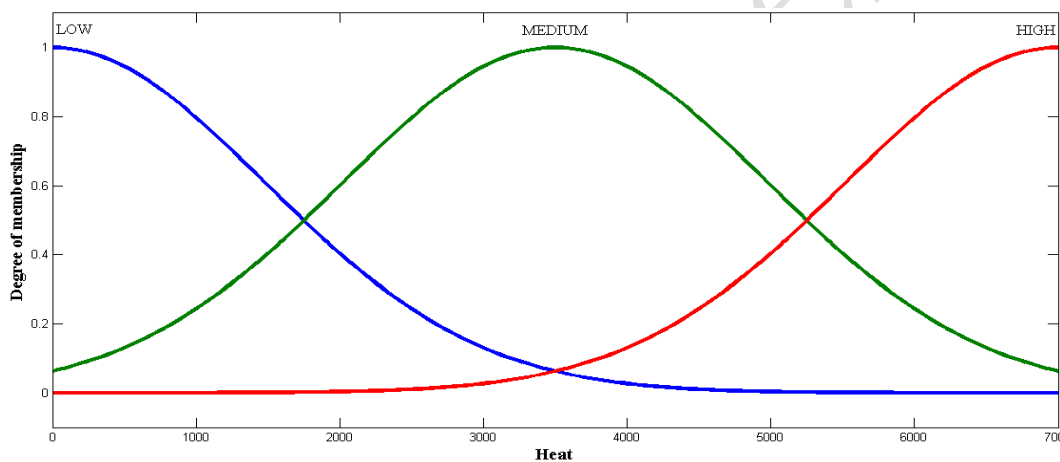
بیانگر گاز، گازوییل و مازوت می‌باشد. نوع تابع عضویت برای ورودی حرارت مورد نیاز گوسی، برای ورودی نوع بار مثلی و برای ورودی نوع سوخت مصرفی دوزنقه‌ای بوده که نمایش ریاضی آن‌ها عبارت است از:

$$f(x; \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

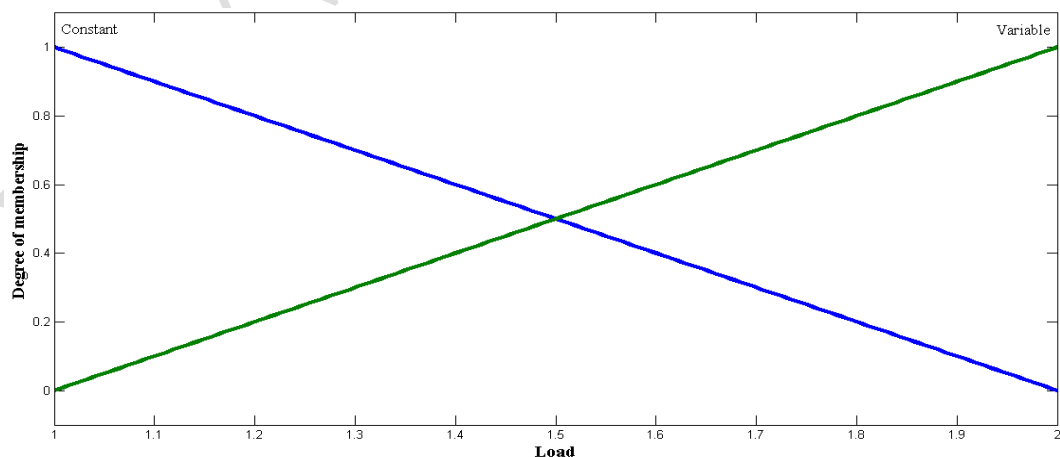
$$f(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2)$$

$$f(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (3)$$

که در آن‌ها a, b, c, d, σ مشخصه‌های توابع عضویت هستند که در حین آموزش اصلاح می‌شوند [۱۲]. توابع عضویت هر سه ورودی در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳: توابع عضویت ورودی حرارت مورد نیاز که از نوع گوسی می‌باشند.



شکل ۴: توابع عضویت ورودی نوع بار که از نوع مثلی می‌باشند.

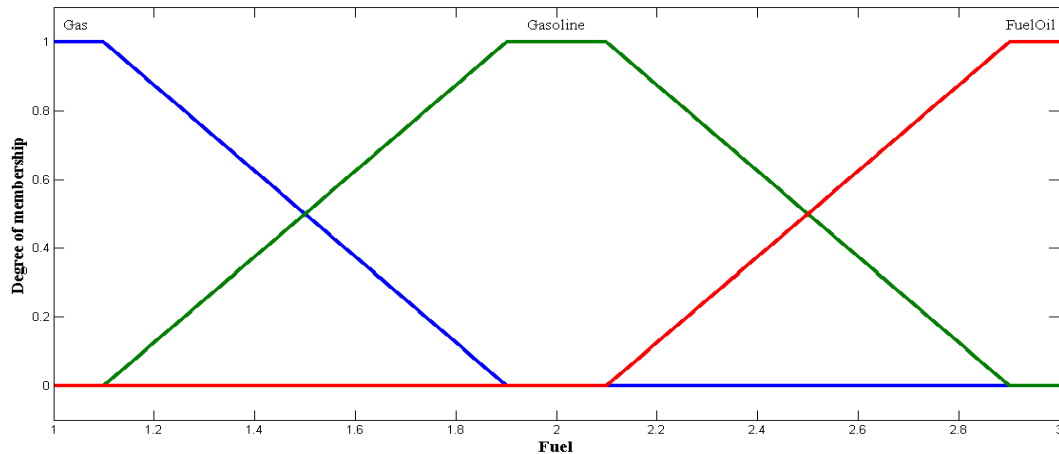


چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کیچیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶



شکل ۵: توابع عضویت ورودی نوع سوخت مصرفی که از نوع دوزنقه‌ای می‌باشند.

در سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی سوگنو به ازای هر قاعده یک تابع عضویت خروجی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند ثابت و یا خطی باشد [۱۳]. در این سیستم از توابع عضویت خطی استفاده شده است. قواعد فازی در این سیستم بر اساس این فرضیه اولیه ایجاد شده‌اند که با کاهش حرارت مورد نیاز، بار ثابت و سوخت مصرفی گاز، مشعل صنعتی کمتر کار کند. قواعد اصلی به صورت روابط (۴)، (۵)، (۶)، (۷) و (۸) در نظر گرفته می‌شوند:

*If (Heat is LOW) and (Load is Constant) and
(Fuel is Gas) then (Control is LOW)* (۴)

*If (Heat is MEDIUM) and (Load is Constant) and
(Fuel is Gasoline) then (Control is MEDIUM)* (۵)

*If (Heat is HIGH) and (Load is Variable) and
(Fuel is Gas) then (Control is HIGH)* (۶)

*If (Heat is LOW) and (Load is Variable) and
(Fuel is FuelOil) then (Control is MEDIUM)* (۷)

*If (Heat is HIGH) and (Load is Constant) and
(Fuel is Gasoline) then (Control is MEDIUM)* (۸)

در کل ۱۸ حالت وجود داشته که به ازای هر حالت یک قاعده و یک تابع عضویت خروجی خواهیم داشت.



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

۳-۲- ایجاد داده‌های آموزش

آموزش شبکه شامل دو قسمت آماده‌سازی می‌باشد، یکی ایجاد داده‌های لازم برای آموزش و دیگری تعیین معیارهای (پارامترهای) آموزش شبکه.

۳-۲-۱- داده‌های لازم برای آموزش

برای ایجاد داده‌های لازم برای آموزش با توجه به جدول ۱ محدوده و سطوح متغیرهای ورودی انتخاب شده است.

جدول ۱: محدوده و تعداد سطوح متغیرهای ورودی

Input variables	Range	Number of layers
Heat	۰-۷۰۰۰ Celsius	۳
Load	۱ OR ۲	۲
Fuel	۱ OR ۲ OR ۳	۳

که محدوده، تعیین‌کننده‌ی محدوده‌ی کاری سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی و تعداد سطوح، تعیین‌کننده‌ی تعداد ترکیب‌های ممکن از حالات مختلف سه عامل ورودی می‌باشد.

در جدول ۲ داده‌های تجربی ایجادشده برای آموزش شبکه ارائه گردیده است.

جدول ۲: داده‌های تجربی برای آموزش شبکه

No.	Heat (C)	Load	Fuel	Control
۱	۵۷۰۳۰۰۶۶	۲	۲	۶,۶۳۹۱۴
۲	۶۳۴۰۰۵۴۴	۱	۱	۳,۳۶۱۳۷۱
۳	۸۸۸,۹۰۷۷	۱	۳	۵
۴	۶۳۹۳,۶۳۱	۱	۳	۶,۶۴۲۵۵۱
۵	۴۴۲۶,۵۱۵	۲	۲	۵
۶	۶۸۲,۷۸۲۸	۲	۲	۶,۹۶۹۳۸۳
۷	۱۹۴۹,۴۸۸	۱	۲	۶,۷۹۳۹۳۴
۸	۳۸۲۸,۱۷۱	۲	۱	۵
۹	۶۷۰۲,۵۴۸	۱	۲	۶,۶۳۹۴۷۹
۱۰	۶۷۵۴,۲۲	۲	۱	۶,۶۳۳۶۵۳
۱۱	۱۱۰۳,۲۹۲	۱	۲	۶,۶۶۲۵۱۲
۱۲	۶۷۹۴,۱۴۹	۱	۱	۵
۱۳	۶۷۰۰,۱۶۹	۱	۱	۳,۴۳۳۹۶۵
۱۴	۳۳۹۷,۶۳	۲	۱	۷,۵۹۷۵۸۵
۱۵	۵۶۰۱,۹۶۳	۲	۱	۵
۱۶	۹۹۳,۲۰۴۴	۱	۲	۸,۴۴۸۸۸۵
۱۷	۲۹۵۲,۳۲۹	۱	۲	۳,۶۹۸۱۳۷
۱۸	۶۴۱۰,۱۴۹	۲	۱	۶,۶۳۳۸۹۷



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

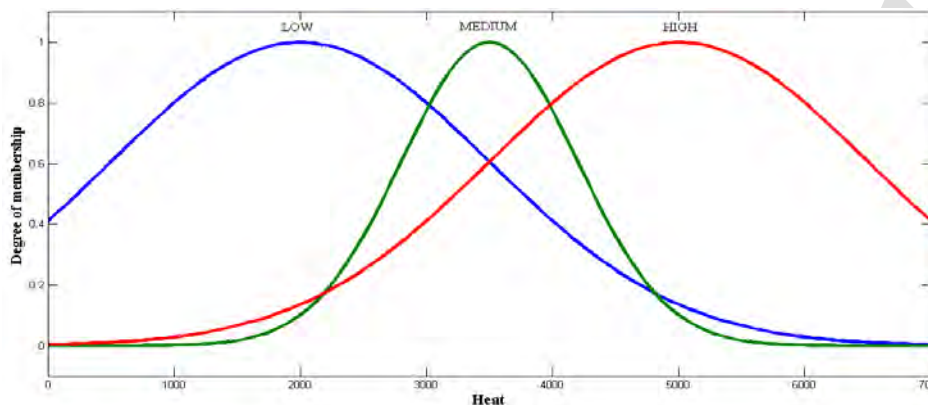
www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

۱۹	۵۵۴۵۰۴۵۱	۱	۳	۳۰۳۶۱۶۴۱
۲۰	۶۷۱۶۰۴۴۷	۱	۱	۵

۳-۳- آموزش شبکه

در این مدل از روش پس بازخورد هیبریدی برای آموزش شبکه و محدوده‌ی خطای ۰،۰۱ برای پایان دهی آموزش استفاده شده است. این محدوده به این دلیل انتخاب گردیده است تا کمترین خطای ممکن همراه با انعطاف‌پذیری لازم شبکه را داشته باشد. پس از پایان آموزش توابع عضویت ویرایش شده که نمونه‌ای از این توابع در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶: توابع عضویت ورودی حرارت مورد نیاز پس از آموزش شبکه

۳-۴- آزمایش شبکه

به منظور سنجش قابلیت شبیه‌سازی فرآیند کنترل مشعل صنعتی از تعدادی داده‌های آزمایش استفاده شده است. در جدول ۳ کلیه‌ی داده‌های آزمایش، مقادیر مدل کنترل‌کننده‌ی مشعل صنعتی، مقادیر واقعی و درصد خطا آورده شده است.

جدول ۳: مقادیر روشنایی داخلی پیش‌بینی شده و واقعی داده‌های آزمایش

No.	Heat (C)	Load	Fuel	Actual	Model	Error (%)
۱	۴۹۴۱،۶۵۵	۱،۰۶۴۸۵۳	۰،۵۶۶۳۷	۵،۳۴۶۶۶۷	۴،۴۸۳۶۴۴	۰،۸۶۳۰۲۲
۲	۴۵۱۵،۹۰۲	۱،۴۳۲۹۹۵	۰،۰۰۳۵۹۵	۶،۷۱۳۵۲۴	۵،۳۲۴۷۱۶	۱،۳۸۸۸۰۸
۳	۳۸۶۶،۱۶۹	۰،۳۵۸۶۰۴	۰،۹۴۹۲۵۹	۳،۵۷۷۰۰۳	۳،۰۶۳۴۳۴	۰،۵۱۳۵۶۹
۴	۱۵۲۶،۷۶۱	۰،۶۷۳۰۶۶	۲،۰۹۸۸۵۱	۳،۷۸۳۸۱	۳،۷۶۴۲۹۲	۰،۰۱۹۵۱۷
۵	۵۴۰۶،۵۶۳	۰،۳۷۵۴۲۶	۱،۸۷۵۷۶۶	۷،۰۱۴۸۶۱	۵،۹۵۰۲۹۵	۱،۰۶۴۵۶۶
۶	۱۵۹۶،۱۹۸	۰،۶۴۳۸۵۴	۱،۶۲۹۱۸۷	۳،۱۵۱۸۴۴	۲،۵۹۳۰۶	۰،۵۵۸۷۸۴
۷	۲۵۹۶،۰۵۳	۰،۸۰۷۷۱۳	۱،۳۱۷۱۱۲	۵،۶۶۱۴۹۵	۳،۷۶۹۰۳۴	۱،۸۹۲۴۶
۸	۶۲۳۶،۵۰۲	۱،۰۹۷۱۳۳	۰،۸۶۲۲۸۲	۶،۷۷۳۸۷۱	۴،۹۶۰۹۸۵	۱،۸۱۲۸۸۷
۹	۵۹۹۴،۶۳۸	۰،۰۹۷۴۷۷	۱،۵۰۴۹۷۷	۶،۷۷۸۶۴۴	۵،۹۹۳۲۷۵	۰،۷۸۵۳۶۹
۱۰	۲۸۱۷،۰۳۵	۱،۱۰۵۴۶۴	۲،۲۸۴۶۳۹	۵،۲۸۱۹۱۲	۵،۲۳۲۲۰۲	۰،۰۴۹۷۱
۱۱	۲۲۲۶،۱۳۴	۰،۵۴۹۶۲۳	۲،۲۸۷۲۲۴	۵،۶۹۰۷۳۷	۴،۳۴۷۸۶۳	۱،۳۴۲۸۷۴
۱۲	۴۲۶۰،۴۴۸	۰،۴۸۳۰۰۳	۱،۷۲۸۱۶۸	۶،۴۵۸۹۲۴	۴،۷۸۴۵۸۳	۱،۶۷۴۳۴۱



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

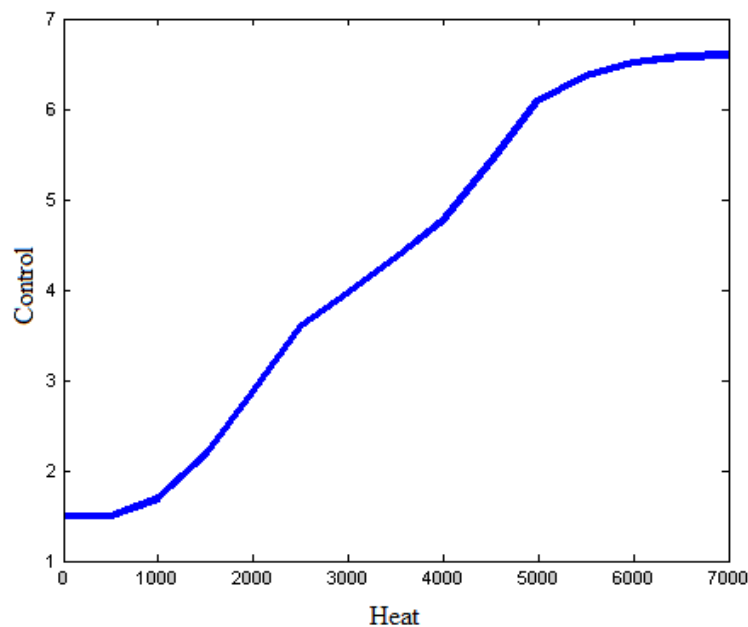
تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

۴- نتیجه‌گیری

تأثیر حرارت مورد نیاز، نوع بار (ثابت یا متغیر) و نوع سوخت مصرفی بر مقدار مدل کنترل‌کننده‌ی مشعل صنعتی با توجه به جدول ۳ مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود که با افزایش حرارت مورد نیاز، کارکرد مشعل صنعتی نیز افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۷: منحنی تغییرات مقادیر مدل کنترل‌کننده‌ی مشعل صنعتی بر حسب حرارت مورد نیاز

منحنی تغییرات مقادیر مدل کنترل‌کننده‌ی مشعل صنعتی بر حسب نوع بار و سوخت مصرفی در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به منحنی‌ها می‌توان دریافت که با تغییر نوع بار از ثابت به متغیر و تغییر نوع سوخت مصرفی به ترتیب از گاز به گازوییل و از گازوییل به مازوت، نیاز به کارکرد مشعل نیز افزایش پیدا می‌کند.

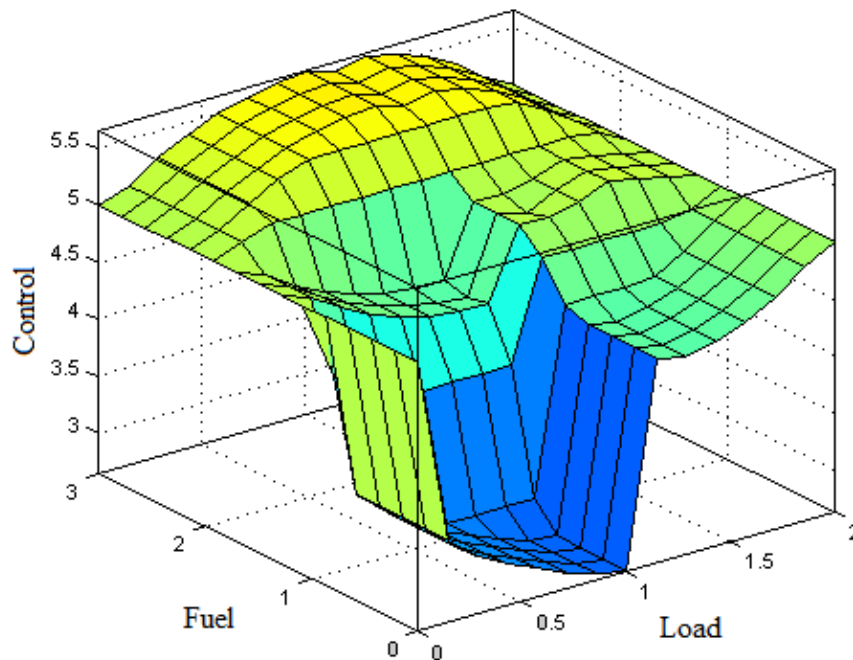


چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

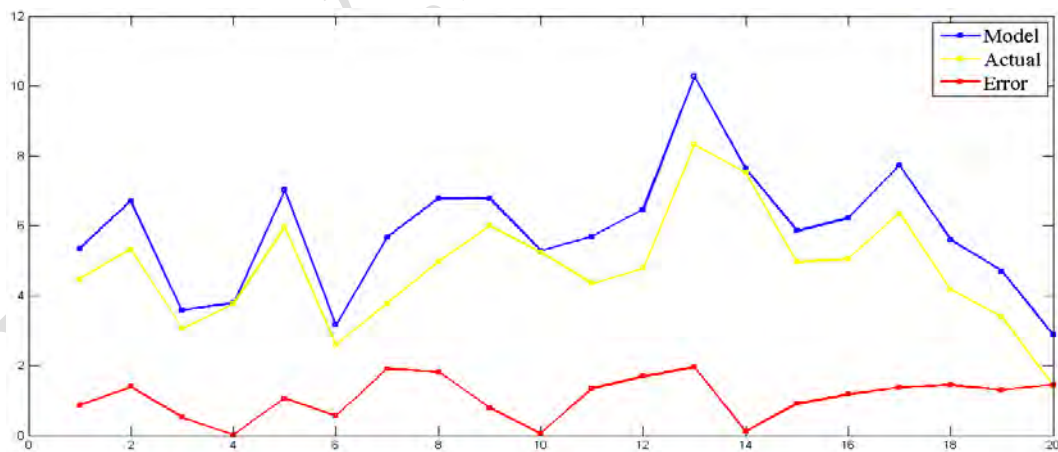
www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶



شکل ۸: منحنی تغییرات مقادیر مدل کنترل‌کننده‌ی مشعل صنعتی بر حسب نوع بار و سوخت مصرفی

در شکل ۹، نتایج به دست آمده از پیش‌بینی مقادیر مدل سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی و مدل دستی مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد اختلاف خطای دستی و مدل بسیار زیاد می‌باشد. با توجه به تغییرات مقادیر کارکرد مشعل صنعتی به ازای تغییرات مقادیر حرارت مورد نیاز، نوع بار و سوخت مصرفی که در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شوند، لزوم این عوامل ورودی به عنوان عامل مؤثر بر مقدار کارکرد مشعل صنعتی مشهود می‌باشد.



شکل ۹: مقایسه‌ی خطای مدل و دستی

۵- معرفی علایم و متغیرها



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کجیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

جدول ۴: علائم و متغیرها

نام فارسی	نام لاتین	علامت اختصاری
ثابت	Constant	Constant
زیاد	High	HIGH
کم	Low	LOW
متغیر	Variable	Variable
متوسط	Medium	MEDIUM
نقطه پایان تابع عضویت مثلثی	The end point of the triangular membership function	c
نقطه راس تابع عضویت مثلثی	The apex of the triangular membership function	b
نقطه شروع تابع عضویت مثلثی	The starting point of the triangular membership function	a

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از برگزارکنندگان و حامیان چهارمین همایش علمی مشعل و کوره‌های صنعتی که فرصتی مهیا نمودند تا بدان، خویش را در طریق علم و معرفت بیازمایم، کمال تشکر را دارم.

مراجع

- [۱] بتول جهانشاهی، مهدی ایزدی و علی قبادی، «تاثیر بازیافت حرارتی از دودکش کوره های صنعتی بر آلاینده های NOX»، سومین همایش مشعل و کوره‌های صنعتی، تهران، هم‌اندیشان انرژی کیمیا، ۱۳۹۲.
- [۲] سپهر صنایع، جواد محمدی مهر و محمدرضا فجرک، «مشعل‌های صنعتی و استفاده از فن آوری های جدید در افزایش بازده احتراق»، ششمین همایش ملی انرژی، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، ۱۳۸۶.
- [۳] علی‌اکبر جمالی، «پیچیدگی الگوی جریان در مجاورت دیواره‌های بازتابنده و دیرگداز کوره‌های صنعتی»، سومین همایش مشعل و کوره‌های صنعتی، تهران، هم‌اندیشان انرژی کیمیا، ۱۳۹۲.
- [4] O. Delabroy, E. Haile, F. Lacas, S. Candel, A. Pollard, A. Sobiesiak, and H. A. Becker. "Passive and active control of NOx in industrial burners," *Experimental thermal and fluid science*, Vol. 16, No. 1, pp. 64-75, 1998.
- [5] A. Sanz, J. Ballester, R. Hernandez, and L. M. Cerecedo. "Advanced monitoring of industrial burners based on fluctuating flame signals," *Fuel*, Vol. 87, No. 7, pp. 1063-1075, 2008.
- [6] N. G. Fragiadakis, V. D. Tsoukalas, and V. J. Papazoglou. "An adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis) model for assessing occupational risk in the shipbuilding industry," *Safety Science*, Vol. 63, pp. 226-235, 2014.
- [7] T. A. Tahseen, M. Ishak, and M. M. Rahman. "Performance predictions of laminar heat transfer and pressure drop in an in-line flat tube bundle using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) model," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol. 50, pp. 85-97, 2014.
- [8] N. G. Fragiadakis, V. D. Tsoukalas, and V. J. Papazoglou. "An adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis) model for assessing occupational risk in the shipbuilding industry," *Safety Science*, Vol. 63, pp. 226-235, 2014.
- [9] L. C. B. S. Reis, J. A. Carvalho Jr, M. A. R. Nascimento, L. O. Rodrigues, F. L. G. Dias, and P. M. Sobrinho. "Numerical modeling of flow through an industrial burner orifice," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 67, Issues 1-2, pp. 201-213, 2014.
- [۱۰] ابراهیم عبدی اقدم و مجتبی قربان زاده، «اثر نوع سوخت (بنزین و گاز طبیعی) روی تغییرات سیکلی یک موتور اشتعال جرقه ای در حالت مخلوط فقیر»، ماهنامه مهندسی مکانیک مدرس، دوره ۱۳، شماره ۱۲، صص ۱۰۱-۱۰۸، ۱۳۹۲.
- [۱۱] مجید اسحق نیموری، مهدی معرفت، مصطفی خسروی الحسینی، نیما فلاح جویباری، «شبیه سازی احتراق درون مشعل متخلخل استوانه ای با در نظر گرفتن اثرات اغتشاش»، ماهنامه مهندسی مکانیک مدرس، دوره ۱۳، شماره ۱۲، صص ۳۶-۴۷، ۱۳۹۲.
- [12] R. Kruse, C. Borgelt, F. Klawonn, C. Moewes, M. Steinbrecher and P. Held, *Computational Intelligence: A Methodological Introduction*. Springer, 2013.
- [13] M. Zhou, S. Li, and X. Yang. "Global Stability of Two Linear Non-autonomous Takagi-Sugeno Fuzzy Systems." *Ecosystem Assessment and Fuzzy Systems Management*. Springer International Publishing, pp. 147-155, 2014.