

## کنترل فرآیند آماری عصبی - فازی

نظام‌الدین فقیه<sup>۱</sup>، امیرعباس معصومی<sup>۲</sup>\*

۱. استاد بخش مدیریت دانشگاه شیراز، ایران

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۷، تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۱۱/۱۴)

### چکیده

هدف از کنترل هوشمند، کنترل یک سیستم بدون در دست داشتن معادلات دینامیکی حاکم بر آن سیستم با حداقل اطلاعات می‌باشد. فرآیند تولید یک محصول، همواره تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار گرفته و رفتار آن از یک رابطه ریاضی مشخص تبعیت نمی‌کند. یکی از روش‌های رایج برای کنترل فرآیند، استفاده از نمودارهای کنترل کیفیت شوهارت می‌باشد. تجزیه و تحلیل این نمودارها مستلزم دانش و تجربه کافی است که در عمل ممکن است همه اپراتورها از آن برخوردار نباشند. شبکه‌های عصبی - فازی به عنوان یکی از مؤلفه‌های هوش مصنوعی، می‌توانند نقش مؤثری را در تقویت روش‌های رایج کنترل فرآیند بر عهده بگیرند. در این تحقیق به کمک نرم افزار MATLAB و با استفاده از شبکه ANFIS، به طبقه‌بندی دو الگوی غیر طبیعی در نمودارهای کنترل کیفیت پرداخته شده است. نتایج نهایی به دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهند که با استفاده از ANFIS می‌توان با کاهش خطاهای مرتبط، ضریب اطمینان سیستم‌های کنترل کیفیت را به خصوص در زمینه نمودارهای کنترل کیفیت، تا حدود زیادی افزایش داد.

**واژه‌های کلیدی:** کنترل هوشمند، داده‌کاوی، سیستم عصبی - فازی، مدیریت کیفیت، نمودارهای کنترل کیفیت

#### مقدمه

از آنجا که افزایش جمعیت در گذر زمان، افزایش تقاضا و تنوع را به دنبال داشته است، روش سنتی ساخت که متکی بر ابزار و مهارت‌های فردی بود، پاسخگوی این حجم از نیازهای متنوع نیست. لذا روش‌های جدید پیچیده‌تری برای تولید به وجود آمده که تلاش برای تولید بیشتر را چند برابر کرده است. در این روش‌های جدید برای تولید محصولات باید مجموعه‌ای از عملیات توسط یک کارگر و با استفاده از یک ماشین دقیق بر روی مواد اولیه صورت گیرد که لزوماً منجر به تولید محصولات کاملاً مشابه نخواهد شد. از زمانی که انسان توانست محصولی را بسازد، کیفیت و ضرورت کنترل آن مطرح شد.

پیشرفت و تغییر روش‌های تولید افزایش درجه اتوماسیون دستگاه‌ها و ماشین‌آلات تولیدی، واحدهای پشتیبان تولید از جمله کنترل کیفیت و بخش‌های مرتبط با آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. کنترل آماری فرآیند و نمودارهای کنترل به عنوان یکی از ابزارهای مهم آن نیز تحت تأثیر این تغییرات بوده و برای حفظ و افزایش کارایی آن باید از تکنیک‌ها و فنون جدیدی استفاده شود. با وجود تکنیک‌هایی هم‌چون هوش محاسباتی و مؤلفه‌های مختلف آن نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی امکان کنترل هوشمند فرآیندهای ساخت و تولید نیز فراهم شده است. هدف از کنترل هوشمند، کنترل یک سیستم بدون در دست داشتن معادلات دینامیکی حاکم بر آن سیستم با حداقل اطلاعات است. تجزیه و تحلیل نمودارهای کنترل منجر به شناسایی وضعیت‌های خارج از کنترل و آشکارشدن منابع انحراف و فعالیت‌های اصلاحی می‌شود. برای تجزیه و تحلیل نمودارهای کنترل به تجربه و شناخت کافی از فرآیند تولید نیاز است. در یک محیط ساخت تولید یکپارچه کامپیوتری که در آن کامپیوتر و اتوماسیون نقش قابل توجهی را ایفا می‌کند، به منظور خودکارسازی کنترل فرآیند ساخت و نیز کنترل آماری فرآیند که یک شیوه سنجش آن به نام نمودارهای کنترل باید تلاش‌هایی صورت گیرد [۶، ۷، ۸].

همان‌طور که می‌دانید، یکی از اهداف تهیه نمودارهای کنترل، دستیابی به نتایجی است که از تفسیر و تجزیه و تحلیل این نمودارها حاصل می‌شود. به عبارت دیگر، با انجام تفسیر و تجزیه و تحلیل نمودارها می‌توان به وجود الگوها و طرح‌های غیرعادی گوناگونی هم‌چون روند، سیکل، شیفت، تغییرات سیستماتیک و ... پی برد. وجود الگوهای غیرطبیعی نشانگر تأثیر یکسری عوامل قابل شناسایی و با دلیل بر روی فرآیند بوده و انجام اقدامات

اصلاحی را ضروری می‌سازد. هدف در اینجا، شناسایی چند الگوی غیرطبیعی به کمک ANFIS می‌باشد.

لذا به منظور استفاده از علوم جدید در صنایع و فرایندهای تولیدی و برای مکانیزه و مدرن کردن این صنایع، شده است که با استفاده از تکنیک عصبی - فازی و تشخیص ویژگی‌های کنترل فرآیند (دو الگوی روند و نقاط خارج از حدود کنترل) گامی در جهت بهبود کیفیت برداشته شود.

محققان ژاپنی روش‌های عصبی - فازی بسیاری را پایه ریزی کرده‌اند. استفاده از تکنیک‌های فازی، عصبی و عصبی - فازی در زمینه الکترونیک در ژاپن مرسوم شده بود. ولی در حال حاضر استفاده از این تکنیک‌ها در سطح جهان رواج پیدا کرده است.

البته باید گفت که بسیاری از کاربردهای روش عصبی - فازی هنوز در مراحل ابتدایی هستند. از این روش در امور صنعتی مختلفی از جمله در عملیات‌های اکتشافی زیر زمینی، کنترل گرما، کنترل جریان الکتریکی، حرکت ماشین‌های مختلف و ... استفاده می‌شود.

یک نمونه از کاربردهای روش عصبی - فازی در سال ۱۹۹۴، در مقاله‌ای از فرالیق<sup>۱</sup> شرح داده شده است [۱۰]. در آنجا از این روش برای کنترل کیفیت در یک فرایند زیست‌دارویی<sup>۲</sup> استفاده شد. این سیستم مشتمل بر دو شبکه عصبی بود که برای پردازش مقدماتی اطلاعات دریافتی که سپس با منابع اطلاعاتی دیگر توسط یک سیستم فازی ترکیب می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۰].

در سال ۱۹۹۴ جانسون از روش عصبی - فازی برای تشخیص چهره انسان استفاده کرد که در آنجا از خروجی سیستم فازی به عنوان ورودی یک شبکه عصبی استفاده شد [۱۰]. در مرکز عصبی - فازی در دانشگاه توئنت در هلند از یک سیستم عصبی - فازی برای کنترل نقاله استفاده گردید. برای این منظور، آنها از یک کنترلر فازی برای تثبیت سرعت و کشش کمربند نقاله در یک محدوده مشخص استفاده کردند. یک الگوریتم تنظیم شبکه عصبی نیز برای اصلاح مجموعه‌های فازی کنترلر برای عملکرد بهینه به کار گرفته شد.

1. Fraleigh

2. Biopharmaceutical process

در همان سال یعنی سال ۱۹۹۴، کرآس<sup>۱</sup> از این روش برای کنترل یک کارخانه زباله سوزی استفاده کرد [۱۰]. در همین سال روندا و پدریچ<sup>۲</sup> از یک شبکه فازی عصبی خاص (مدل عصبی- فازی پیوندی<sup>۳</sup>) برای ساختن یک کنترلر برای یک روبات با N درجه آزادی برای کنترل مسایل حرکتی آن استفاده کردند [۱۰].

از ANFIS نیز در کارهای بسیاری استفاده شده است. در سال ۱۹۹۹ م. سیدایا<sup>۴</sup> از این شبکه برای مشخص کردن نوع اضافات موجود در پنبه استفاده کرد. در سال ۲۰۰۰ چ. گاسومی<sup>۵</sup> از ANFIS برای طبقه‌بندی حشرات در اکوسیستم کشاورزی استفاده نمود [۱۰]. کارهای متعدد دیگری نیز در این زمینه انجام شده است اما در زمینه نمودارهای کنترل تحقیقات کمی به کمک روش عصبی- فازی صورت گرفته است. در سال ۱۹۹۶، گرسون تونینی با استفاده از شبکه فازی آرتمپ<sup>۶</sup> الگوهای غیرطبیعی در نمودارهای کنترل را مورد بررسی قرار داد [۱۴].

### شبکه‌های عصبی - فازی

هر کدام از شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی دارای نواقص خاص خود هستند. وقتی سیستمی تنها با شبکه عصبی طراحی می‌شود، شبکه به صورت جعبه سیاهی است که نیاز به تعریف شدن دارد که یک فرایند کاملاً محاسباتی و سنگین خواهد بود. در نهایت، طراح یک شبکه عصبی بعد از تجربه‌ها و تمرین‌های زیاد، به یک رضایت نسبی دست می‌یابد. از طرف دیگر، در طراحی سیستم‌های فازی نیاز به فهم عمیقی از متغیرهای فازی و توابع عضویت و هم‌چنین انتخاب صحیح قوانین فازی دارد. به عنوان مثال، اگر شخصی یک سیستم فازی را با سه ورودی و یک خروجی و پنج تابع عضویت در هر ورودی در نظر بگیرد، آنگاه تعداد کل قواعد برابر  $5^3 = 125$  خواهد بود و برای چهار ورودی برابر ۳۱۲۵ خواهد بود [۳].

- 
1. Krause
  2. Rueda & Pedrycz
  3. Hybrid Neuro-Fuzzy Model
  4. M. Siddaiah
  5. H. Gassoumi
  6. Fuzzy-Artmap

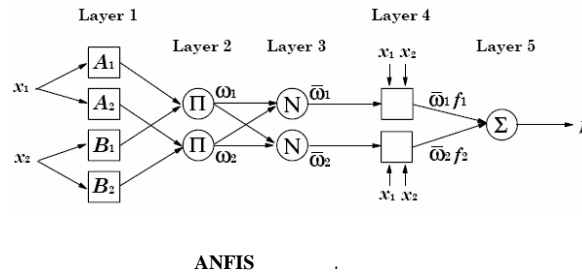
شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی، ارتباط نزدیکی نیز با هم دارند. در نگاره (۱) برخی از خصوصیات سیستم‌های فازی و سیستم‌های عصبی نشان داده شده است.

سیستم‌های استنتاجی فازی	شبکه‌های عصبی
از یک پایگاه قوانین پیشین می‌توان استفاده کرد.	از قوانین بر پایه دانش قبلی نمی‌توان استفاده کرد.
فاقد قابلیت یادگیری (استفاده از دانش زبانی)	قابلیت یادگیری
قابل تفسیر (قوانین اگر-آنگاه)	جعبه سیاه
تفسیر و اجرای آسان	الگوریتم‌های آموزش پیچیده
دانش باید در دسترس باشد.	استخراج دانش مشکل است.

سیستم‌های عصبی - فازی دارای مدل‌های مختلفی هستند که در این تحقیق از مدل ANFIS استفاده شده است.

ANFIS رده‌ای از شبکه‌های تطبیقی است که از لحاظ وظیفه هم ارز سیستم‌های استنتاجی فازی هستند [۱۵]. بر عکس یک شبکه عصبی مصنوعی، ANFIS دارای تعدادی لایه ثابت است (پنج لایه) و نرون‌های موجود در هر لایه وظیفه خاصی را انجام می‌دهند [۱۰، ۱۱].

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، FIS استراتژی است برای ساختن مدل‌های کیفی از دانش انسان و توانایی‌های استدلالی بدون داشتن اجباری برای استفاده دقیقی از محاسبات کمی. در واقع FIS بر اساس تعدادی قانون فازی if...then پایه گذاری شده است [۱۲]. ANFIS اجرای یک FIS به شکل یک شبکه عصبی چند لایه است. از این سینرجی به دست آمده از ترکیب موضوعات منطق فازی و شبکه‌های عصبی برای حل مسایل غیرخطی و مسایلی که به خوبی تعریف نشده‌اند (برای مثال داده‌های بیولوژیک و سری‌های زمانی) و به دست آوردن توانایی‌های تعمیمی بهتر، استفاده می‌شود [۱۳، ۱۲]. مزیت اصلی ANFIS نسبت به FIS معمولی، توانایی آن در تعدیل پارامترهای نسبت به جفت داده‌های ورودی/خروجی مشاهده شده می‌باشد [۶]. در نمودار (۱) معماری یک ANFIS و جریان اصلی محاسبات نشان داده شده است.



### متدولوژی مورد عمل

در این تحقیق از نرم افزار MATLAB استفاده شده است. در اینجا برای تشخیص الگو متدولوژی زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

۱- تولید الگو، ۲- تولید FIS اولیه، ۳- آموزش شبکه، ۴- آزمون شبکه

### تولید الگو

الگوریتم شناسایی الگوی مورد استفاده در این تحقیق بر این فرض مبتنی است که کاربر مجموعه‌ای از الگوهایی که باید شناسایی شود را در اختیار دارد. در این تحقیق دو الگوی روند و وجود نقاط خارج از حدود کنترل مورد استفاده قرار گرفته است. برای تولید این الگوها به کمک نرم افزار MATLAB، با ۱۲۱۷ الگو، آموزش شبکه انجام شده است. به کمک ANFIS الگوهای ورودی، طبقه‌بندی شده‌اند و به الگوهای نقاط خارج از حدود کنترل کلاس ۰ و به الگوهای روند کلاس ۱ اختصاص داده شده است.

### تولید FIS اولیه

در این تحقیق، روش‌های مورد استفاده برای تولید FIS اولیه عبارتند از:

۱- جداسازی شبکه‌ای، ۲- جداسازی خوشه‌ای

هر الگوی تولید شده به صورت یک ماتریس  $1 \times 7$  می‌باشد که شش عضو اول همان مقادیر ورودی و عضو هفتم همان خروجی مطلوب است. بنابراین، تعداد قانون تولید شده در جداسازی شبکه‌ای با دو تابع عضویت برابر ۶۴ و با ۳ تابع عضویت برابر ۷۲۹ قانون است. در اینجا توابع عضویت gbell و گوس مورد استفاده قرار گرفته‌اند و به هر ورودی دو و سه تابع عضویت اختصاص داده شده است.

تعداد قانون تولید شده در جداسازی خوشه‌ای مطابق با انتخاب دامنه تأثیر، تعیین می‌شود. به طور مثال برای این حالت با انتخاب دامنه تأثیر  $0.5$ ، تعداد قوانین برابر ۳ و با انتخاب دامنه تأثیر  $1$ ، تعداد قوانین برابر با ۴۱ خواهد بود.

### آموزش شبکه

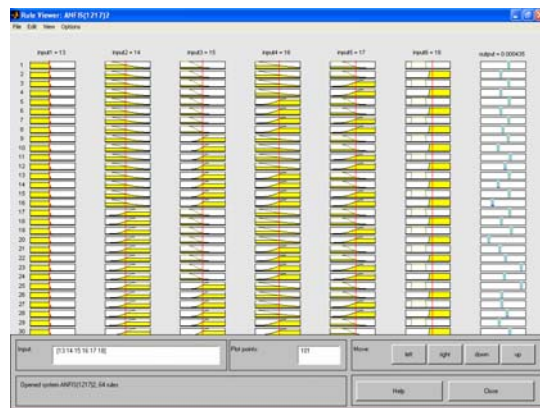
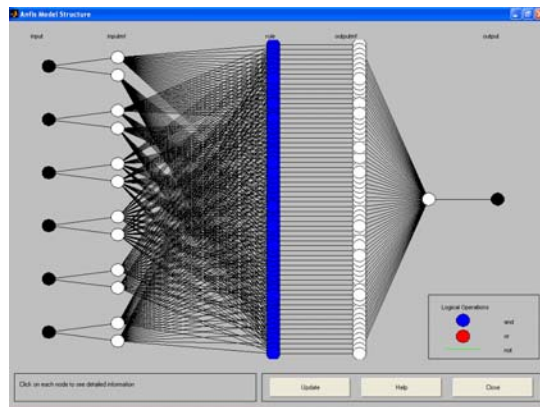
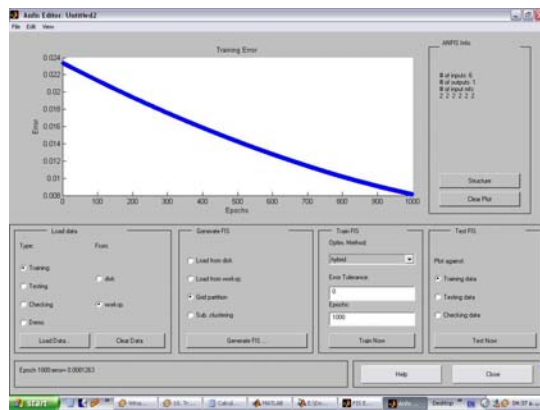
پس از تولید الگو و تولید یک FIS اولیه، نوبت به آموزش شبکه می‌رسد. همان‌طور که می‌دانید، ANFIS یک تکنیک شبکه عصبی است که توسط یادگیری با ناظر آموزش می‌بیند، یعنی، پارامترهای تعدیل‌پذیر (پارامترهای پیش فرض و نتیجه) از طریق می‌نیموم کردن خطا که به تفاوت بین خروجی‌های محاسبه شده و مطلوب بستگی دارد، بهینه می‌شوند. در اینجا برای آموزش شبکه از روش پیوندی استفاده شده است. به این روش به دلیل استفاده ترکیبی از روش کمترین مجذورات و روش کاهش گرادینت، روش یادگیری پیوندی گفته می‌شود.

در مورد FIS تولید شده به روش جداسازی شبکه‌ای و با اختصاص ۲ تابع عضویت گوس به هر ورودی، بعد از ۴۰۰۰ epoch خطای  $0.082338$ ، و با اختصاص ۳ تابع عضویت گوس به هر ورودی بعد از ۴۰۰۰ epoch خطای  $0.15207$  حاصل شده است. در مورد FIS تولید شده به روش جداسازی شبکه‌ای و با اختصاص ۲ تابع عضویت gbell به هر ورودی، بعد از ۱۰۰۰ epoch خطای  $0.10388$ ، و بعد از ۴۰۰۰ epoch خطایی در حدود  $0.02$  به دست آمده است که خطای معقولی است. روند آموزش و شکل قوانین و ساختار شبکه به ترتیب در نمودارهای شماره ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

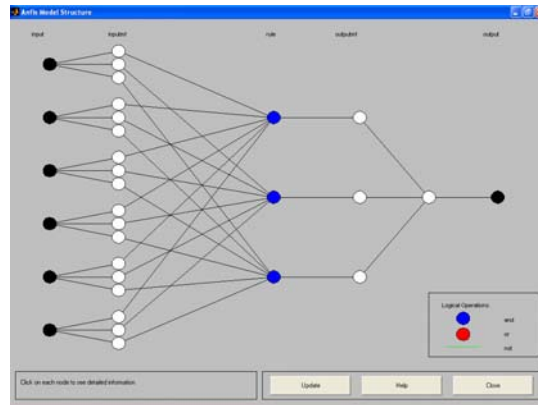
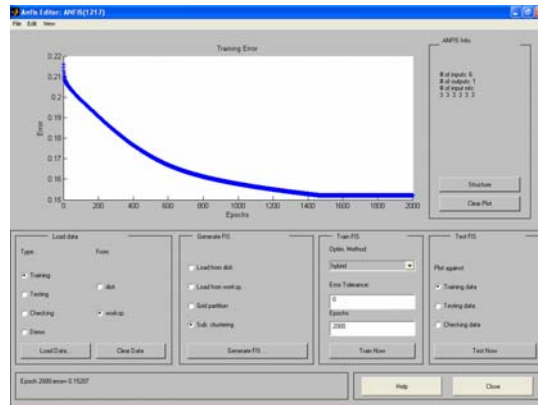
اما در مورد جداسازی خوشه‌ای و با اختصاص ۳ تابع عضویت گوس به هر ورودی بعد از ۴۰۰۰ epoch خطای  $0.15207$  و با اختصاص ۲ تابع عضویت gbell و پس از ۲۰۰۰ epoch آموزش خطایی بهتر از  $0.15$  به دست نمی‌آید که خطای معقولی نیست. روند آموزش و ساختار شبکه به ترتیب در نمودارهای شماره ۵ و ۶ نشان داده شده است.

### آزمون شبکه

برای آزمون شبکه ۱۰۰ الگو مورد استفاده قرار گرفته است. خطای به دست آمده حدود  $0.02$  می‌باشد که خطای معقولی است.







برای روشن تر شدن مطالب ارایه شده، با ارایه یک نمونه عملی، اعتبار مدل طراحی شده مورد آزمون قرار گرفته است. بدین منظور، به جای تولید الگو به کمک نرم افزار، از داده‌های واقعی استخراج شده در یک دوره ۳ ماهه از خط تولید یک کارخانه تولیدی استفاده شده است.

### آشنایی با کارخانه

کارخانه تولیدی مورد نظر، یکی از واحدهای تابعه یکی از کارخانجات تولید کننده سیمان می باشد که در زمینه ساخت محصولات تبدیلی سیمان (سیمان-آزبست) در عرصه صنعت فعالیت می کند. این کارخانه یکی از بزرگترین کارخانه های تولیدی در این صنعت در ایران می باشد.

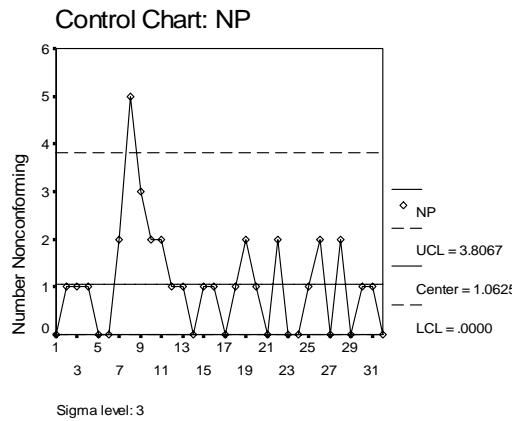
پس از مطالعه انواع لوله هایی که در این کارخانه تولید می شوند، مشخص گردید که چهار نقص دوپوستی بودن لوله، بیضوی بودن لوله، تغییرات ناشی از خارج از استاندارد بودن ضخامت لوله و طول لوله، عموماً باعث ضایعاتی شدن لوله ها می گردد.

لوله هایی که روزانه تولید می شوند، پس از سپری نمودن حدود ۲۱ روز در استخرهای آب مخصوص لوله، دو مرحله تراش حاشیه لوله و تست هیدرولیک را باید طی نمایند. لوله هایی که دارای نقص هایی از قبیل بیضوی بودن، دوپوستی بودن، لاغر می باشند و در این مرحله از آزمایش شکسته می شوند و لاجرم جزء ضایعات محسوب می گردند و لوله های سالم به انبار محصول فرستاده می شوند.

پس از بررسی مشاهده شد که بیشترین نقص را خارج از استاندارد بودن ضخامت لوله به خود اختصاص داده است که می توان از طریق نمودار کنترل و نمودار علت و معلول برای رفع یا کاهش آن اقدامات لازم را انجام داد. با توجه به مطالب ذکر شده، در طی یک دوره ۳ ماهه، ۳۲ نمونه از محصولات کارخانه برداشت شد که در جدول ۲ آورده شده است.

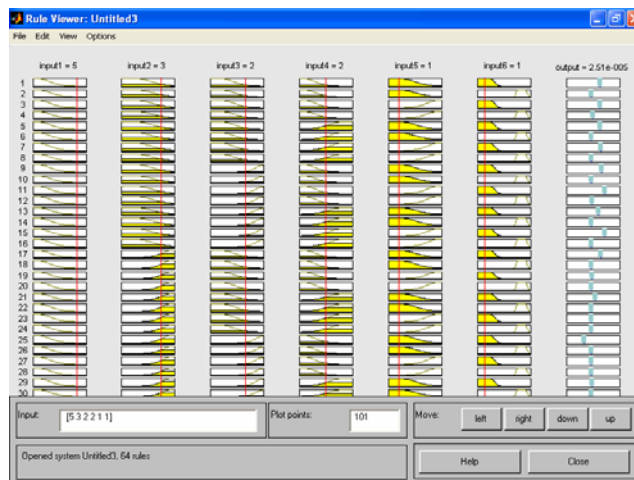
تعداد اقلام معیوب	مشاهدات					شماره زیرگروه
	۱	۲	۳	۴	۵	
۰	۱۱.۸	۱۲.۴	۱۲	۱۲.۳	۱۱.۲	۱
۱	۱۴.۲	۱۲.۲	۱۲.۲	۱۲.۴	۱۲.۲	۲
۱	۱۲.۷	۱۴.۳	۱۱.۳	۱۲.۳	۱۲.۲	۳
۱	۱۲.۸	۱۲.۳	۱۴.۳	۱۱.۴	۱۱.۸	۴
۰	۱۲.۵	۱۲.۲	۱۲.۵	۱۲.۳	۱۲.۴	۵
۰	۱۲.۷	۱۲.۸	۱۲.۴	۱۱.۹	۱۲.۳	۶
۲	۱۲.۳	۱۲.۱	۱۰	۱۱.۸	۱۰.۹	۷
۵	۱۰.۴	۱۰.۳	۱۰.۶	۱۰.۷	۱۰.۲	۸
۳	۱۰.۷	۱۰.۴	۱۱.۸	۱۰.۸	۱۱.۷	۹
۲	۱۴.۲	۱۲.۴	۱۲.۲	۱۳.۲	۱۲.۳	۱۰
۲	۱۲.۹	۱۷.۳	۱۳	۱۲.۷	۱۳.۱	۱۱
۱	۱۳.۳	۱۲.۵	۱۲.۱	۱۲	۱۲.۲	۱۲
۱	۱۲.۳	۱۲.۱	۱۲	۱۳.۲	۱۲.۴	۱۳
۰	۱۱.۸	۱۲.۴	۱۱.۷	۱۲.۲	۱۲.۴	۱۴
۱	۱۲.۷	۱۳.۵	۱۲.۴	۱۲.۳	۱۱	۱۵
۱	۱۲.۷	۱۲.۶	۱۲.۸	۱۳.۴	۱۲.۸	۱۶
۰	۱۱.۷	۱۲.۴	۱۲.۴	۱۱.۹	۱۱	۱۷
۱	۱۲.۵	۱۳.۲	۱۲.۳	۱۲.۲	۱۲.۲	۱۸
۲	۱۳.۲	۱۲.۱	۱۱.۷	۱۰.۹	۱۱.۵	۱۹
۱	۱۲.۸	۱۲.۹	۱۲.۶	۱۳.۴	۱۲.۶	۲۰
۰	۱۲.۷	۱۲.۴	۱۲.۳	۱۱.۹	۱۱	۲۱
۲	۱۱.۳	۱۳.۲	۱۲	۱۳.۶	۱۱.۸	۲۲
۰	۱۲.۶	۱۱.۹	۱۲.۵	۱۲.۲	۱۱.۸	۲۳
۰	۱۲.۸	۱۲.۳	۱۲.۲	۱۱.۲	۱۲.۲	۲۴
۱	۱۲.۷	۱۲	۱۲.۳	۱۱.۵	۱۴.۶	۲۵
۲	۱۱.۸	۱۴.۵	۱۱.۶	۱۲.۳	۱۳.۲	۲۶
۰	۱۲.۷	۱۲.۲	۱۱.۷	۱۲.۴	۱۲.۶	۲۷
۲	۱۳.۴	۱۲.۳	۱۲	۱۲.۳	۱۳.۱	۲۸
۰	۱۲.۴	۱۲.۷	۱۲.۲	۱۲.۳	۱۲.۲	۲۹
۱	۱۲	۱۲.۱	۱۴.۴	۱۲.۱	۱۱.۴	۳۰
۱	۱۲.۷	۱۱.۸	۱۱.۵	۱۲.۴	۱۴.۸	۳۱
۰	۱۲.۳	۱۲	۱۲.۲	۱۱.۳	۱۲.۸	۳۲

سپس به کمک نمودارهای سنتی کنترل و به کمک نرم افزار SPSS نمودار np برای این نمونه‌ها ترسیم شد که در نمودار ۷ نشان داده شده است.



np

همان‌طور که مشاهده می‌شود، یکی از نقاط خارج از حدود کنترل قرار گرفته است. برای آزمون این که آیا کنترل طراحی شده به روش ANFIS قادر به تشخیص این الگو می‌باشد یا خیر، این داده‌ها را در ANFIS آموزش دیده قرار می‌دهیم.



ANFIS

همان‌طور که مشاهده می‌شود، این کنترلر با دقت بسیار بالایی وجود الگوی خارج از کنترل را نشان داده است.

### نتیجه‌گیری

نظر به اهمیت بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نمودارهای کنترل کیفیت و لزوم شناسایی الگوهای غیرطبیعی به منظور حذف و یا کاهش علل مربوط به آن و استفاده روزافزون از سیستم‌ها و تجهیزات هوشمند در فرایندهای ساخت و تولید، در این تحقیق سعی شده است تا از طریق نگرش و رویکرد عصبی- فازی به این نمودارها، الگوهای غیر طبیعی مانند روند و نقاط خارج از حدود کنترل شناسایی گردند. برای این منظور با کمک شبکه ANFIS آزمایش‌های وسیعی در رابطه با آموزش و آزمون آنها صورت گرفت و نتایجی نیز حاصل گردید.

در این تحقیق سعی شد تا در بحث کنترل کیفیت، به جای استفاده از مفاهیم و نرم افزارهای رایج از قبیل SPSS، Minitab، و ... برای تشخیص الگوهای خارج از حدود کنترل، از مفاهیم جدیدی هم‌چون منطق فازی و شبکه‌های عصبی با هدف طراحی یک کنترلر هوشمند استفاده شود. همان‌گونه که می‌دانید، در مدل‌های سنتی کنترل به دلیل وجود اشتباهات و خطاهای انسانی و عدم استفاده از کنترل آن لاین و هوشمند، قابلیت اطمینان این سیستم‌ها، نسبت به سیستم‌های هوشمند بسیار پایین می‌آید. برای مثال، اغلب مدت زمان زیادی طول می‌کشد تا این که اپراتور قبل از این که سازمان به واسطه یک عیب حقیقی در فرآیند تولید، هزینه زیادی را متقبل شود، متوجه نقص در سیستم تولیدی گردد. بدین منظور برای جلوگیری از تمام این کاستی‌ها از روش عصبی- فازی که تمام مزیت- های منطق فازی و شبکه‌های عصبی را دارا می‌باشد، استفاده شده است.

در بحث تخصیص توابع عضویت، به دلیل این که با افزایش تعداد توابع عضویت تخصیص داده شده به ورودی‌ها، اولاً زمان آموزش به طرز محسوسی افزایش پیدا می‌کند- با توجه به این موضوع که زمان بر بودن می‌تواند نوعی نقص محسوب شود- و ثانیاً پایین تر نیامدن میزان خطا در اینجا پس از تخصیص ۲، ۳ و ۴ تابع عضویت بر روی هر ورودی و مقایسه میزان خطاها، به نظر می‌رسد که اختصاص دادن ۲ تابع عضویت gbell بر روی هر ورودی می‌تواند حالت ایده‌آلی را به وجود آورد.

نتایج نهایی به دست آمده از این آزمایش‌ها نشان می‌دهند که متوسط کارایی کل شبکه ANFIS جهت تشخیص دو الگوی روند و نقاط خارج از حدود کنترل برابر با  $99/008\%$  است و هم‌چنین استفاده از روش جداسازی شبکه‌ای به دلیل این که خطای کمتری به دست می‌آید برای تولید FIS اولیه نسبت به روش جداسازی خوشه‌ای ارجحیت دارد. برخی از اقدامات آینده برای افزایش ضریب اطمینان سیستم و هم‌چنین دست پیدا کردن به یک سیستم کاملاً هوشمند، می‌توانند به شرح زیر باشند:

۱. به کمک نرم‌افزار سیمولینک، دلفی و یا نرم‌افزار C ضریب اطمینان این کنترلر را از این هم فراتر برده و این کنترلر را به یک کنترلر on line تبدیل کنیم. به عبارت دیگر می‌توان با قرار دادن این کنترلر بر سر راه خط تولید، هم خط مورد نظر را کنترل کرد و هم به صورت on line، ANFIS را در قبال داده‌های جدید آموزش داد تا همواره یک کنترلر به هنگام در اختیار داشت. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده، به کمک این کنترلر می‌توان خطاهای مرتبط با اپراتور (اعم از خستگی ناشی از کار زیاد، تعویض اپراتور، اشتباهات بصری و ...) را تا حدود بسیار زیادی کاهش داد و راه را برای رسیدن به هوشمندسازی خطوط تولیدی هموار کرد.

۲. پوشش دادن سایر خطاهای کنترل

۳. پوشش دادن سایر عوامل ایجاد کننده خطا از قبیل شکستگی یک مؤلفه در داخل فرایند، سایدگی و فرسایش برخی از ابزار و اشتباه در اندازه‌گیری

۴. تشخیص عیب‌های حقیقی از عیب‌های طبیعی

در این مقاله تلاش شده است که با کمک مفاهیم جدید، گامی در جهت هوشمند سازی کنترل آماری فرایند برداشته شود ولی بر هیچ کس پوشیده نیست که برای توسعه و تکمیل این هدف متعالی، یعنی رسیدن به یک سیستم کنترل کاملاً هوشمند، اقدامات بسیاری باید صورت پذیرد.

## منابع

۱. زهیدی رضا (۱۳۸۰). "کاربردهای صنعتی شبکه‌های عصبی فازی". تهران، انستیتو ایز ایران.
۲. فقیه نظام‌الدین (۱۳۷۷). "کنترل کیفیت آماری". تهران، انتشارات سمت.
۳. کارتالوپولس اس.وی. (۱۳۸۱). "منطق فازی و شبکه‌های عصبی: مفاهیم و کاربردها". ترجمه: محمود جورابیان و رحمت‌الله هوشمند، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴. نوبری نازک (۱۳۸۲). "کاربرد منطق فازی در کنترل کیفیت". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
5. Abraham A. (2002). "Cerebral Quotient of Neuro Fuzzy Techniques–Hype or Hallelujah?", School of Computing and Information Technology, Monash University, Churchill, Victoria, Australia-3842. <http://ajith.softcomputing.net>.
6. Chou T.S., and K.K.Yen, J.LNO (2008). "Network Intrusion Detection Design Using Feature Selection of Soft Computing Paradigms", International Journal Of Computational Intelligence, Vol. 23, pp. 196-208.
7. Fries T.P. (2008). "A Fuzzy-Genetic Approach to Network Intrusion Detection", ACM New York, NY, USA, pp. 2141-2146.
8. Kuang L. (2007). "DNIDS: A Dependable Network Intrusion Detection System Using the CSI-KNN Algorithm", Master thesis, Queen's University, Canada.
9. Nauck D., Klawonn F. & Kruse R. (1997). "Fundamental of Neuro-Fuzzy Systems", John Wiley & Sons.
10. Ondrej P. and Konstadinos G. Goulias, (2003). "On The Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to Analyze Travel Behavior". Department of Civil and Environmental Engineering & the Pennsylvania Transportation Institute, the Pennsylvania State University, TRB Annual Meeting.
11. Riberio F., I.Moutinho, P. silva, C. fraga, N. pereira (2004). "Three Omni directional Wheels Control On A Mobile Robot", Control 2004 Conference, University of bath, UK, ID. 237.
12. Steiner S. (1994). "Quality Control and Improvement Based on Grouped Data", Mac Master University, Paper AAINN93413.

13. Svantesson A. (2003). "Using Alternative Multi-Variate Data Analysis Methods For Predicting Physical-Chemical Properties of Organic Compounds". Master Thesis in Computer Science, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
14. Tontini G. (1996). "Pattern Identification in Statistical Process Control Using Fuzzy Neural Networks". IEEE, Vol. 3, pp. 2065-2070.
15. Zilouchian A. and David W. Howard. (1999). "Design of a Fuzzy Inference System for Control of Robot Manipulator". Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin, pp. 382-392.