

پیش‌بینی هوشمند مسیر پیشرفت شغلی بر اساس داده‌های منابع انسانی

مجید ریاضی^۱، قاسم توحیدی^{۲*}، محمدعلی کرامتی^۳

^(۱) گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^(۲) گروه ریاضی کاربردی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۱۵

چکیده

عدم وجود مسیر پیشرفت شغلی قابل پیش‌بینی برای کارکنان در سازمان‌های مختلف موجب نارضایتی کارکنان و تبعات ناشی از آن از جمله کاهش بهره‌وری سازمان خواهد شد. برای این منظور سازمان‌های مختلف باید مسیر پیشرفت شغلی مشخصی را از ابتدای استخدام برای کارکنان خود تهیه و ارائه نمایند؛ اما تأکید بر این رویه ممکن است با توجه به تغییرات گسترده و پویا در دنیای کسب و کار امروزی منجر به عدم تحقق مسیر پیشرفت شغلی اولیه تعیین شده در سازمان‌ها شود و علاوه بر ایجاد مشکلات مختلف به اعتبار سازمان در نزد کارکنان آسیب وارد نماید. بنابراین سازمان‌ها همان‌گونه که به مدیریت مسیر پیشرفت شغلی کارکنان می‌پردازند باید با توجه به تغییرات زمانی بوجود آمده نسبت به اصلاح مسیر پیشرفت شغلی کارکنان خود بر مبنای علمی و قابل ارائه اقدام نمایند، مهمترین گام در این راستا تشخیص احتمال قرار گرفتن کارکنان در شغل‌های تعریف شده هر سازمان در زمان مناسب می‌باشد. در این مقاله با ترکیب شبکه عصبی-فازی ANFIS و شبکه عصبی NARX استفاده از شبکه عصبی-فازی نارکس به عنوان یک روش جدید برای پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان ارائه شده و یک مطالعه تجربی انجام شده است که شبکه عصبی-فازی نارکس با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری بهینه‌سازی شده و الگوریتم پیشنهادی برای تعیین مسیر پیشرفت شغلی کارکنان یک سازمان طی ۱۰ سال ارائه می‌گردد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد مدل طراحی شده با شبکه عصبی-فازی نارکس نسبت به مدل‌های کلاسیک از کارایی بهتری برخوردار بوده است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های فراابتکاری، شبکه عصبی-فازی نارکس، مسیر پیشرفت شغلی.

۱- مقدمه

امروزه، با گسترش فناوری‌ها و پیچیدگی‌های محیطی، سازمان‌ها نیازمند دانش، تخصص، مهارت و نگرش جدید به منظور رویارویی با تغییرات رو به رشد محیط بی‌ثبات بیرونی می‌باشند، یکی از رقابت‌های اصلی و حیاتی سازمان‌ها بر سر مدیریت نیروی انسانی به عنوان مهمترین منبع دانش، نوآوری و خلاقیت است.

در نتیجه تغییرات پویا و همه جانبه در محیط‌های کسب و کار و به طور کلی در کل جامعه، نیروی انسانی به منبع بسیار مهمی برای توسعه مشاغل و توسعه شرکت‌ها تبدیل شده است. دانش، مهارت‌ها و شایستگی‌های مرتبط با نیروی انسانی در حال تبدیل شدن به عامل مهمی برای سازمان در ایجاد مزیت رقابتی است. بنابراین، مدیریت نیروی انسانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. زیرا هدف آن هدایت کل انرژی کارکنان به سمت دستیابی به اهداف استراتژیک یک سازمان است [۲۰].

اجرای استراتژی هر سازمان نیازمند سه عامل است که یکی از آنها ایجاد ساختارها و سیاست‌های نیروی انسانی است [۱۲]. رقابت فزاینده در دنیای کسب و کار و ظهور تکنولوژی‌های تاثیرگذار جدید همچنین گستردگی کسب و کارها، تشکیل شرکت‌های بزرگ بین‌المللی موجب می‌شود تا هدایت مسیر پیشرفت شغلی کارکنان به صورت سنتی دشوار بوده و کار آسانی نباشد. بنابراین، توسعه الگوریتم‌های هوشمند و ایجاد مدل‌های هوشمند برای تعیین مسیر پیشرفت شغلی کارکنان بر اساس داده‌های نیروی انسانی سازمان‌ها بسیار اهمیت پیدا می‌کند.

هال^۱ در سال ۲۰۱۰ در مقاله خود بیان نمود که سازمان‌ها اهمیت مسیر شغلی و تاثیر آن بر بهره‌وری و رضایت‌مندی سازمانی را درک نکرده‌اند [۱۱]. مسیر پیشرفت شغلی در یک سازمان، پیشرفت کارکنان در رده شغل‌های آن سازمان، در طول سال‌های فعالیت شغلی تعریف می‌شود. امروزه در محیط‌های پویای کسب و کار نقش سازمان‌ها در سیستم‌های مسیر پیشرفت شغلی بسیار مهم است [۱۸]. توجه به مسیر پیشرفت شغلی کارکنان موجب ایجاد دیدگاه مثبت در کارکنان می‌شود [۲۵] و با افزایش رضایت شغلی، روحیه کاری، عملکرد مثبت و تعهد سازمانی را افزایش می‌دهد [۲۵]. پیشرفت شغلی علاوه بر افزایش دستمزد منجر به بوجود آمدن فرصت‌های جدید رشد و شکوفایی، به عهده گرفتن مسئولیت‌های جدید سازمانی، تشخیص و استقلال برای تصمیم‌گیری در کارکنان می‌شود [۲۶].

تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌ها و ارائه مدل‌های هوشمند از جمله کارهایی است که به کمک شبکه‌های عصبی می‌توان روی داده‌های نیروی انسانی انجام داد. شبکه‌های عصبی مصنوعی، با انجام محاسبات روی داده‌ها قانون نهفته در ورای داده‌ها را شناسایی و الگوهای مورد نظر را ارائه می‌نمایند [۲۸]. برخی تحقیقات با استفاده از شبکه‌های عصبی روی داده‌های نیروی انسانی در نقاط مختلف جهان انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

در مقاله‌ای که در سال ۲۰۰۷ بر روی کارکنان هتل در کشور چین انجام شد با استفاده از شبکه‌های عصبی میزان رضایت‌مندی کارکنان از شغل و ارتباط آن با ترک کار بررسی شد و در آن با استفاده از یک شبکه عصبی سه لایه BP^۲ با شش ورودی و یک خروجی داده‌های مربوط به ۲۰۰ نفر از کارکنان مورد بررسی قرار گرفت [۳۱]. در این تحقیق به دلیل عدم استفاده از منطق فازی عدم قطعیت موجود در تحقیق در نظر گرفته نشده است.

در سال ۲۰۱۳ اطمینان از استخدام و نگهداری کارکنان شایسته به عنوان یک نیاز مهم برای مدیریت منابع انسانی مطرح شد. استخدام افراد حرفه‌ای در مشاغل مناسب و آموزش آن‌ها به طوری که داده‌های متقاضیان را از میان یک

^۱ Hall^۲ Back Propagation

شبکه وب پایه دریافت و آن را به شغل مناسب متصل کند از بسیاری از مشکلاتی که روش استخدام سنتی دارد جلوگیری می‌کند. در این روش از یک شبکه عصبی سه لایه پیشرو^۳ استفاده شده است [۱]. از معایب این تحقیق می‌توان به عدم استفاده از شبکه بازگشتی اشاره نمود که در نتیجه پویایی سیستم به خوبی نشان داده نمی‌شود. در سال ۲۰۱۴ به منظور راهنمایی افراد برای انتخاب شغل مناسب، ایجاد یک سیستم مبتنی بر تکنیک منطق فازی پیشنهاد شده است تا از عدم تطابق بین توانایی فرد و شغل انتخابی جلوگیری شود [۲۴] که با توجه به عدم استفاده از شبکه‌های عصبی و استفاده صرف از منطق فازی پیش‌بینی مطلوب ارائه نشده است. در سال ۲۰۱۷ برای توسعه پورتفولیوی منابع انسانی از شبکه عصبی-فازی و الگوریتم فراابتکاری آنیل شبیه‌سازی شده (SA^۴) استفاده شد [۲۰]. شبکه عصبی-فازی ارائه شده در مقاله اخیر با دو ورودی و ۴ خروجی عملکرد خوبی را نشان می‌دهد ضمن اینکه از الگوریتم فراابتکاری آنیل شبیه‌سازی شده برای بهینه‌سازی جواب‌ها استفاده شده است. در مدل مورد استفاده برای مقاله اشاره شده می‌توان از شبکه عصبی-فازی نارکس برای پیش‌بینی زمانی نیز استفاده نمود که ما در مقاله خود و برای پیش‌بینی زمانی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان از ترکیب شبکه عصبی-فازی (ANFIS^۵) و شبکه عصبی نارکس (NARX^۶) استفاده نموده‌ایم.

در سال ۲۰۱۸ یک رویکرد شبکه هوشمند ANN^۷ برای پیش‌بینی مسیر شغلی CPP^۸ با تجزیه و تحلیل کامپیوتری بر روی امتیاز عملکرد دانشجویان ارائه شد و محاسبات به وسیله یک شبکه عصبی تک لایه با ۱۳ ورودی و یک خروجی انجام شد [۲۹] که از معایب آن تک لایه بودن، فازی نبودن و پویا نبودن را می‌توان نام برد. مجموعه‌های فازی می‌توانند در ارائه نظرات و اطلاعات غیرشفاف انعطاف‌پذیرتر باشند و این مساله با میزان زیاد عدم قطعیت آنها کاملاً همخوانی دارد [۵]. در مقالاتی که به موضوع مدل‌سازی منابع انسانی پرداختند و پورتفولیوی^۹ را تجزیه و تحلیل کرده‌اند، فقط از تکنیک^{۱۰} خشک استفاده شده است که دارای انعطاف‌پذیری نیست و نمی‌تواند از عدم قطعیتی که در طول فرآیند مدل‌سازی وجود دارد بهره‌برداری کند. استفاده از روش فازی برای برطرف نمودن این مشکل می‌تواند روش مناسبی باشد [۲۰]. اینجاست که استفاده همزمان از شبکه عصبی-فازی به منظور پوشش عدم قطعیت موجود در تحقیق و استفاده از شبکه عصبی نارکس به منظور پوشش پویایی تحقیق و همچنین استفاده از الگوریتم-های فراابتکاری به منظور بهینه‌سازی نهایی تحقیق اهمیت خود را نشان می‌دهد و همین عوامل سبب شد تا ما در این مقاله از شبکه عصبی-فازی نارکس و الگوریتم‌های فراابتکاری آنیل شبیه‌سازی شده (SA)، کلونی مورچگان (ACO^{۱۱}) و ژنتیک (GA^{۱۲}) برای پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان سازمان مورد مطالعه استفاده نماییم. یک الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری، یک روش ابتکاری است که می‌توان با تغییراتی اندک آن را برای مسائل مختلف بهینه‌سازی به کار برد. استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری به‌طور قابل ملاحظه‌ای توانایی یافتن جواب‌های با کیفیت

^۳ Feedforward

^۴ Simulated Annealing algorithm

^۵ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

^۶ Nonlinear Auto Regressive exogenous

^۷ Artificial Neural Network

^۸ Career Path Prediction

^۹ Portfolio

^{۱۰} Crisp

^{۱۱} Ant Colony Optimization

^{۱۲} Genetic Algorithm

بالا را برای مسائل بهینه‌سازی افزایش می‌دهند. ویژگی مشترک این الگوریتم‌ها استفاده از مکانیزم‌های خروج از بهینه محلی است. الگوریتم کلونی مورچگان به اختصار ACO نامیده می‌شود. الگوریتم‌های مبتنی بر رفتار مورچه-ها، شامل مدل‌هایی می‌شوند که از رفتار مورچه‌های واقعی الهام گرفته شده است. ایده اصلی در این الگوریتم‌ها استفاده از اصول خود سازماندهی^{۱۳} شده به منظور حل مسائل محاسباتی است [۷]. الگوریتم‌های کلونی مورچگان دارای چند ویژگی جذاب هستند که شامل انعطاف‌پذیری^{۱۴} قابلیت اعتماد^{۱۵} و خودسازماندهی می‌باشد [۹].

GA الگوریتم جستجوی ابتکاری تطبیقی مبتنی بر ایده‌های تکاملی انتخاب طبیعی و ژنتیک است و برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود. الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم تصادفی نیست بلکه از اطلاعات گذشته برای هدایت تحقیق به ناحیه‌ای بهتر استفاده می‌کند. تکنیک‌های اساسی GA برای شبیه‌سازی فرآیندها در سیستم‌های طبیعی استفاده می‌شوند [۲۷]. در مطالعه تجربی انجام شده مسیر پیشرفت شغلی کارکنان یک سازمان طی ۱۰ سال مورد مطالعه قرار گرفته و روند مسیر پیشرفت شغلی کارکنان آن پیش‌بینی شده است. نرم‌افزار مورد استفاده برای مدل‌سازی در این روش نرم‌افزار MATLAB می‌باشد.

در بخش بعدی داده‌ها و روش تحقیق به منظور مدیریت مسیر پیشرفت شغلی را بیان می‌کنیم، در بخش سوم یافته‌های تحقیق بیان شده است. با توجه به اینکه هدف پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان است، ابتدا داده‌های جمع‌آوری شده تست و صحت‌سنجی شده‌اند و پس از تولید توابع عضویت، آموزش شبکه عصبی-فازی نارکس انجام و متغیرهای ورودی و خروجی حاصل از الگوریتم‌های فراابتکاری مورد مطالعه بررسی می‌شوند، سپس شبکه عصبی که کمترین خطا را نشان دهد به عنوان مدل مورد تایید ارائه می‌گردد. در انتها نتیجه‌گیری انجام شده است.

۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱- ANFIS

به فرآیند ضابطه‌مند شدن نگاشت‌های ورودی به خروجی با استفاده از منطق فازی استنتاج فازی گفته می‌شود. این نگاشت منجر به اخذ تصمیم یا مشخص شدن یک الگو می‌شود. در فرآیند استنتاج فازی از توابع عضویت، عملگرهای فازی و قواعد اگر-آنگاه استفاده می‌شود. سیستم‌های استنتاج فازی در زمینه‌های مختلفی از جمله طبقه‌بندی داده‌ها، سیستم‌های خبره، بینایی ماشین، تحلیل سیستم‌ها و کنترل خودکار به کار برده می‌شوند. به طور کلی دو نوع سیستم استنتاج فازی معروف به نام‌های ممدانی^{۱۶} و سوگنو^{۱۷} وجود دارد [۳۰]. امروزه سیستم‌های فازی مبتنی بر شبکه عصبی انطباقی یکی از موثرترین روش‌ها برای پیش‌بینی مدل سیستم‌های مهندسی است. شبکه‌های عصبی و همچنین شبکه ANFIS توانایی مدل‌سازی داده‌های غیرخطی را دارند [۱۷].

اولین گام در سیستم‌های استنتاج فازی تعیین ورودی‌ها و درجه عضویت آن‌ها نسبت به مجموعه‌های فازی از طریق توابع عضویت می‌باشد، مهمترین مزیت سیستم‌های استنتاج فازی آن است که اجازه کار با قواعد زبانی را می‌دهند. ANFIS یا همان سیستم‌های استنتاج تطبیقی عصبی-فازی، با ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های استنتاج فازی، رده‌ای از سیستم‌های استنتاج فازی تطبیقی را به وجود آورده است [۷].

^{۱۳}Self-Organized

^{۱۴}Flexibility

^{۱۵}Robustness

^{۱۶}Mamdani

^{۱۷}Sugeno

یک قانون در مدل فازی سوگنو به فرم زیر می‌باشد:

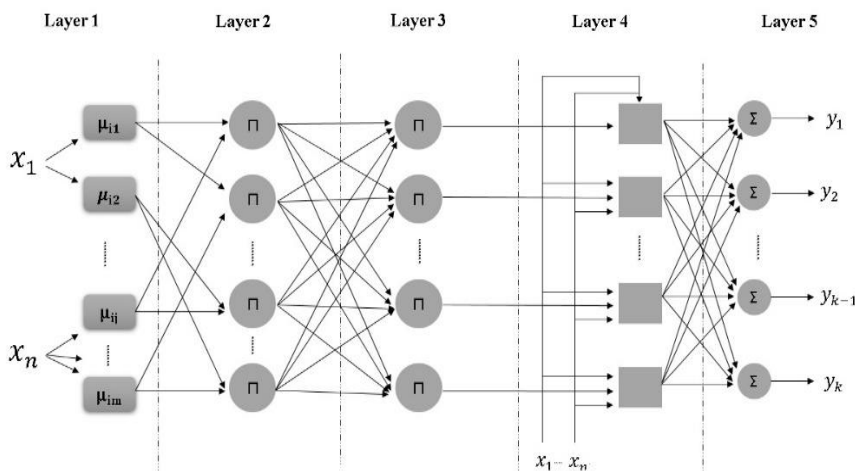
$$IF(1=x \ \& \ 2=y) \Rightarrow z = ax + by + c \quad (۱)$$

در صورتیکه $(a=b=0)$ خروجی سوگنو برابر با یک مقدار ثابت خواهد بود.

ANFIS توسط راجر جنگ^{۱۸} (۱۹۹۳) به منظور استفاده از مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های استنتاج فازی سوگنو ارائه گردید [۱۷].

ANFIS با استفاده از مجموعه داده‌های ورودی و خروجی یک سیستم استنتاج فازی ایجاد می‌کند. پارامترهای توابع عضویت این سیستم از طریق الگوریتم پس انتشار یا ترکیب آن با روش حداقل مربعات تنظیم می‌شوند این کار به سیستم فازی اجازه می‌دهد تا ساختار خود را از مجموعه داده‌ها فرا بگیرد [۳۰]. عملکرد ANFIS به شدت وابسته به ساخت یک سیستم با منطق فازی و نوع و تعداد توابع عضویت است که متغیر ورودی سیستم منطق فازی را توضیح می‌دهد و پایه و اساس قوانین می‌باشد [۳۱]. در ANFIS که از یک شبکه ۵ لایه پیشرو تشکیل شده است هر گره به صورت یک تابع خاص روی سیگنال‌های ورودی عمل می‌کند. ساختار ANFIS با ۵ لایه در شکل بالا نشان داده شده است.

لایه اول درجه عضویت گره‌های ورودی را به وسیله توابع عضویت مشخص می‌کند. در لایه دوم هر گره درجه فعالیت هر قانون را مشخص می‌کند. لایه سوم مقادیر لایه قبلی را نرمال‌سازی می‌کند. لایه چهارم روی خروجی لایه قبل پردازش انجام می‌دهد و لایه پنجم خروجی‌های نهایی را محاسبه می‌کند. فرآیند آموزش در این سیستم نشان می‌دهد که از پارامترهای غیر خطی برای توابع عضویت فازی در لایه اول و از پارامترهای خطی در لایه چهارم استفاده می‌شود تا خروجی مورد نظر محاسبه گردد [۱۶].



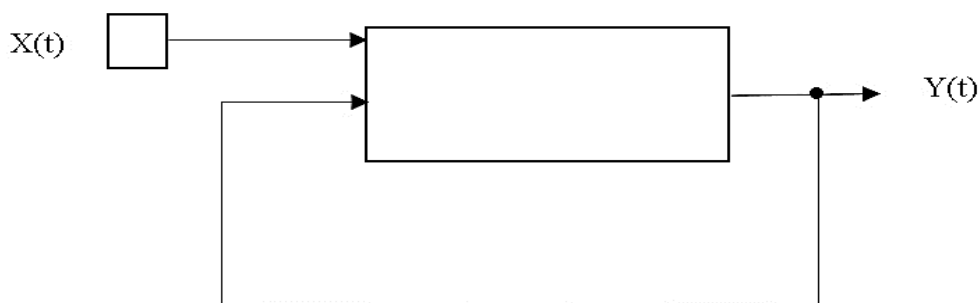
شکل ۱: معماری ANFIS با N ورودی و K خروجی

^{۱۸}Roger Jang

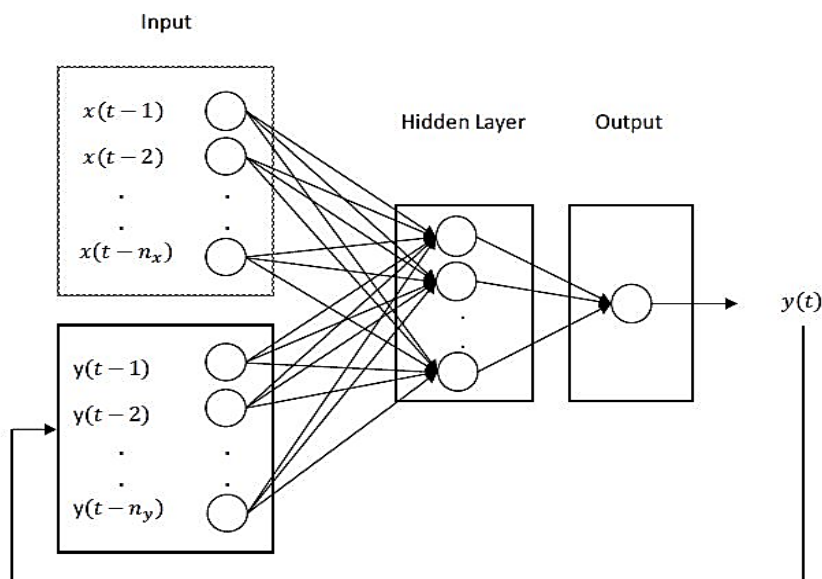
۲-۲ شبکه عصبی نارکس

شبکه‌های عصبی بازگشتی^{۱۹} از توانایی بالقوه بالاتری نسبت به شبکه‌های پیشرو برخوردار بوده و دقیق‌تر می‌توانند روند مربوط به ویژگی‌های زمانی سیستم مورد بررسی را نشان دهند [۱۳]. شبکه عصبی نارکس نوعی از شبکه‌های عصبی بازگشتی هستند که به شکل کلی زیر می‌باشند. که در آن:

$$(۲) \quad X(t) = \text{متغیر شامل ۲۱}$$



شکل ۲: نمای کلی شبکه عصبی نارکس



شکل ۳: نمایی دیگر از شبکه عصبی نارکس با لایه‌های ورودی، خروجی و پنهان

^{۱۹}Recurrent

در شکل ۳ این مفهوم فوق با جزییات بیشتری نشان داده شده است.

$$Y(t) = f(x(t-1), \dots, x(t-n), y(t-1), \dots, y(t-n)) \quad (3)$$

در فرمول (۳) مقدار خروجی وابسته $Y(t)$ بر مبنای خروجی‌های مراحل قبل و مقادیر مستقل سیگنال ورودی خارجی می‌باشد همچنین n بیان‌کننده تاخیر زمانی است و هر مقدار که n بیشتر باشد قدرت پیش‌بینی شبکه NARX نیز بیشتر است اما با این کار زمان محاسبات افزایش می‌یابد [۳، ۱۵]. در MATLAB به کمک nnstart می‌توان ابزار ntstool^{۲۰} را فراخوان و حالت فوق را اجرایی نمود.

خروجی شبکه نارکس را می‌توانیم به عنوان تخمینی از سیستم پویای غیرخطی در نظر بگیریم به این معنی که خروجی شبکه به ورودی آن پاسخ‌خورد می‌شود. در جایی که مقدار دقیق خروجی در هنگام آموزش در دسترس است امکان استفاده از معماری سری-موازی وجود دارد. ساختار سری موازی دارای دو مزیت است اول اینکه ورودی‌های شبکه پیش‌رو دقیق‌تر هستند و دوم اینکه در این حالت از قاعده پس‌انتشار ایستا می‌توان برای آموزش آن استفاده نمود [۱۴، ۱۵]. برای ایجاد یک شبکه سری-موازی نارکس در نرم افزار MATLAB از تابع newnarxsp استفاده می‌شود.

۳-۲ شبکه عصبی-فازی نارکس

در این مقاله ANFIS را با شبکه عصبی نارکس ترکیب نموده و شبکه عصبی-فازی نارکس را به وجود می‌آوریم مدل مسیر شغلی که با شبکه عصبی-فازی نارکس و به کمک الگوریتم آنیل شبیه‌سازی شده آموزش داده می‌شود را به اختصار با NASACPM، مدل مسیر شغلی که با شبکه عصبی-فازی نارکس و به کمک الگوریتم کلونی مورچگان آموزش داده شده را به اختصار با NAACCPM و مدل مسیر شغلی که با شبکه عصبی-فازی نارکس و به کمک الگوریتم ژنتیک آموزش داده شده را به اختصار با NAGACPM نشان می‌دهیم همچنین از توابع عضویت گاوسی $GMF^{۲۱}$ برای $FLS^{۲۲}$ استفاده شده است تا متغیرهای ورودی را توضیح دهند. ویژگی GMF ها این است که متغیرهای ورودی را به خوبی توضیح می‌دهند، حساسیت کافی برای سیستم ایجاد می‌کنند، به سادگی می‌توان در زمان انجام تنظیمات FLS آنها را دستکاری نمود.

در مجموع از ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه و از ۳۰ درصد برای تست استفاده نموده‌ایم. ۲۱ ورودی $X_1, \dots, X_{21}$ و ۲۸ مقدار خروجی شامل $Y_1, \dots, Y_{28}$ است. با توجه به نوع فعالیت سازمان مورد مطالعه که دارای بخش‌های پشتیبانی و عملیاتی می‌باشد، مجموع رده‌های شغلی تعریف شده برای هریک از بخش‌ها شامل ۲۸ خروجی در نظر گرفته شده است که با $Y_1, \dots, Y_{28}$ به عنوان خروجی نشان داده می‌شوند. شبکه عصبی-فازی نارکس قابلیت دریافت ورودی‌ها به صورت پویا را دارد و به ما اجازه استفاده از سری‌های زمانی را در مدل می‌دهد شبکه عصبی-فازی نارکس با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری بهینه‌سازی شده است. با عبور پارامترهای ورودی $X_1, \dots, X_{21}$ از شبکه عصبی-فازی نارکس خروجی‌ها شامل $Y_1, \dots, Y_{28}$ تولید می‌شوند. خروجی‌ها میزان تعلق کارمند به شغل‌های سازمانی که به صورت درصد بیان می‌شود را مشخص می‌نمایند $MF^{۲۳}$ با استفاده از منحنی گاوسی با دو پارامتر C (مرکز تابع) و σ (عرض تابع) ارائه شده است.

^{۲۰}Neural network Time Series Tools

^{۲۱}Gaussian Membership Functions

^{۲۲}Fuzzy Logic system

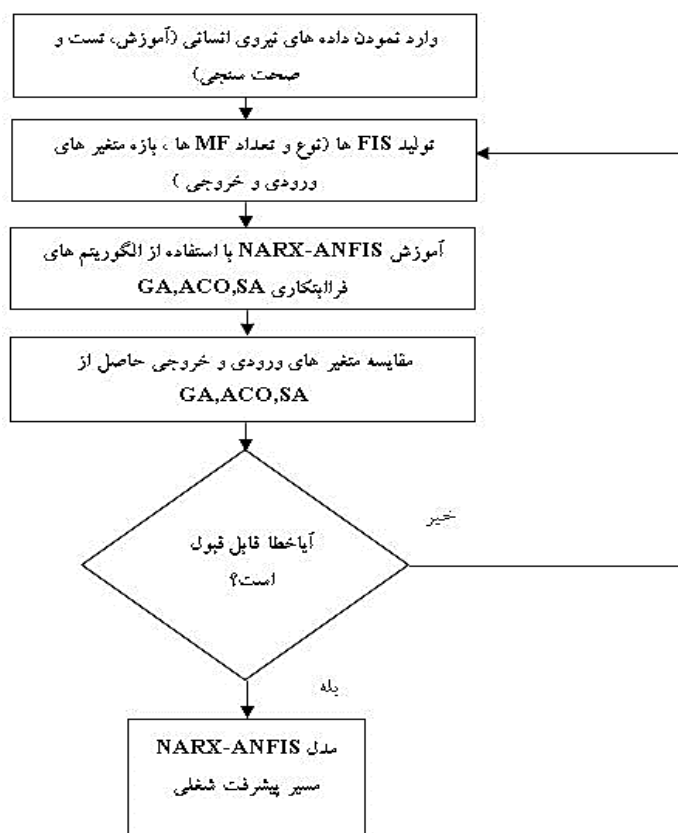
^{۲۳}Membership Functions

$$G(X : c, \sigma) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

هر متغیر ورودی با استفاده از پنج مجموعه فازی مشخص می‌شود و دامنه متغیرهای ورودی در بازه $[0, 5]$ تعیین گردیده است به طوری که بین ۴ تا ۵ خیلی زیاد، بین ۳ تا ۴ زیاد، بین ۲ تا ۳ متوسط، بین ۱ تا ۲ کم و بین ۰ تا ۱ خیلی کم می‌باشد. در انتها دفازی‌سازی^{۲۴} انجام می‌شود، خارج کردن مقادیر خروجی شبکه عصبی-فازی نارکس از حالت فازی می‌تواند با روش‌های گوناگونی شکل بگیرد. در این مقاله از روشی مشابه به روش مرکز ثقل استفاده می‌شود. مقادیر خروجی $Y_1, \dots, Y_{28}$ که از حالت فازی خارج می‌شوند اعداد CRISP از دامنه صفر تا صد هستند.

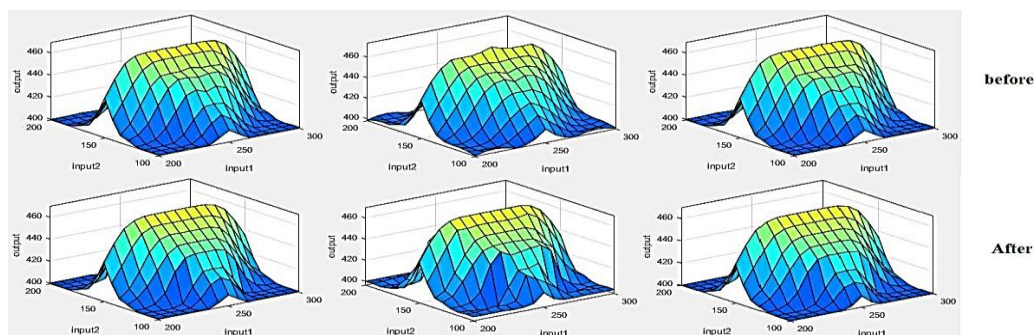
۲-۴ گام‌های ساخت مدل

گام‌های ساخت مدل هوشمند مسیر پیشرفت شغلی کارکنان با استفاده از شبکه عصبی-فازی نارکس در فلوچارت زیر نشان داده شده است:



شکل ۴: فلوچارت مدل

^{۲۴}Defuzzification



شکل ۵: حساسیت عصبی-فازی نارکس قبل و بعد از آموزش

۵-۲ ارزیابی مدل

برای ارزیابی اثر بخشی مدل‌های پیش‌بینی از معیارهای عملکرد استفاده می‌شود هر کدام از این معیارها مدل را به روش خاصی ارزیابی می‌کنند. این معیارها عبارتند از: خطای درصد مطلق میانگین ($MAPE^{۲۵}$)، خطای مربع میانگین ریشه ($RMSE^{۲۶}$) و ضریب تعیین (R^2) که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{x_{act} - x_{sim}}{x_{act}} \right| \times 100 \quad (۵)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{act} - x_{sim})^2} \quad (۶)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (x_{acr} - x_{sim})^2}{\sum_{i=1}^N x_{sim}^2} \quad (۷)$$

که N تعداد بردار داده x_{act} مقدار هدف و x_{sim} مقدار پیش‌بینی شده در مدل پیشنهادی است [۱۶]. شبکه عصبی کارا و قابل اطمینان شبکه‌ای است که در عین کم بودن میزان خطا دارای ضریب تبیین بالایی نیز باشد (نزدیک به یک) [۱۳].

۳- نتایج

شبکه عصبی-فازی نارکس با الگوریتم‌های فراابتکاری SA و ACO و GA تحت شرایط مشابه آموزش داده شد. الگوریتم SA توانست نتایج بهتری نشان دهد. هر سه مدل با استفاده از MATLAB اجرا شدند.

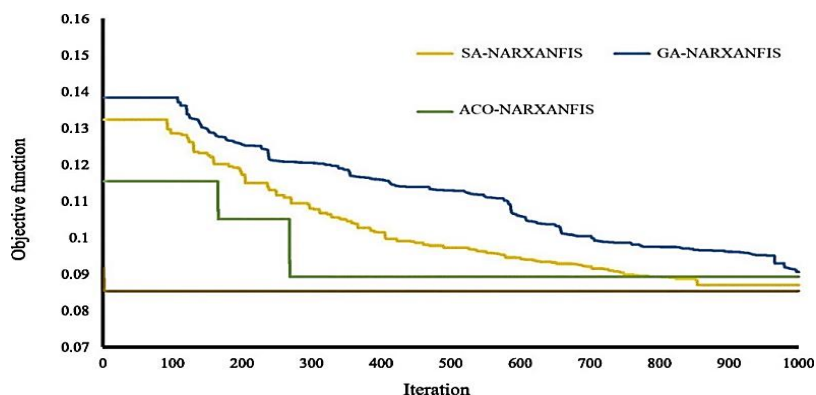
در شکل ۵ نمای گرافیکی حساسیت شبکه عصبی-فازی نارکس قبل و بعد از آموزش نشان داده شده است. از سمت راست شبکه عصبی-فازی نارکس بهینه‌سازی شده با الگوریتم فراابتکاری SA قبل از آموزش شکل بالا و بعد از آموزش شکل پایین، در وسط شبکه عصبی-فازی نارکس بهینه‌سازی شده با الگوریتم فراابتکاری ACO قبل از

^{۲۵}Mean Absolute Percentage Error

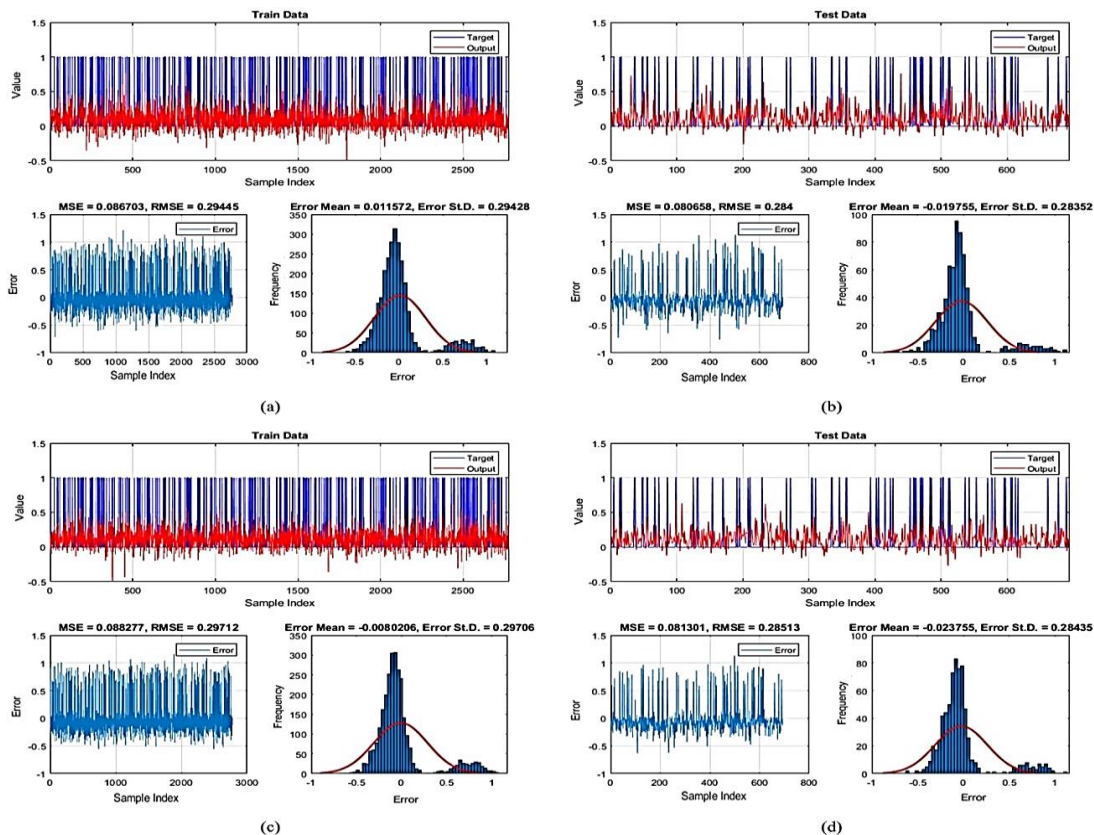
^{۲۶}Root Mean Square Error

آموزش شکل بالا و بعد از آموزش در شکل پایین و در انتها شبکه عصبی-فازی نارکس بهینه‌سازی شده با الگوریتم فراابتکاری GA قبل از آموزش شکل بالا و بعد از آموزش در شکل پایین نشان داده شده است.

الگوریتم فراابتکاری SA نسبت به الگوریتم‌های فراابتکاری ACO و GA دارای زمان آموزش کوتاه‌تری است. خطا در انتهای زمان آموزش در الگوریتم فراابتکاری SA مقدار ۰/۰۸۷ بود در حالی که برای الگوریتم فراابتکاری ACO برابر با ۰/۰۹۳ و برای الگوریتم فراابتکاری GA برابر با ۰/۰۹۵ بود. در شکل ۶ روند خطای آموزش هر یک از الگوریتم‌های SA و ACO و GA نشان داده شده است:



شکل ۶ روند خطای آموزش با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری آنیل شبیه‌سازی شده، کلونی مورچگان و ژنتیک

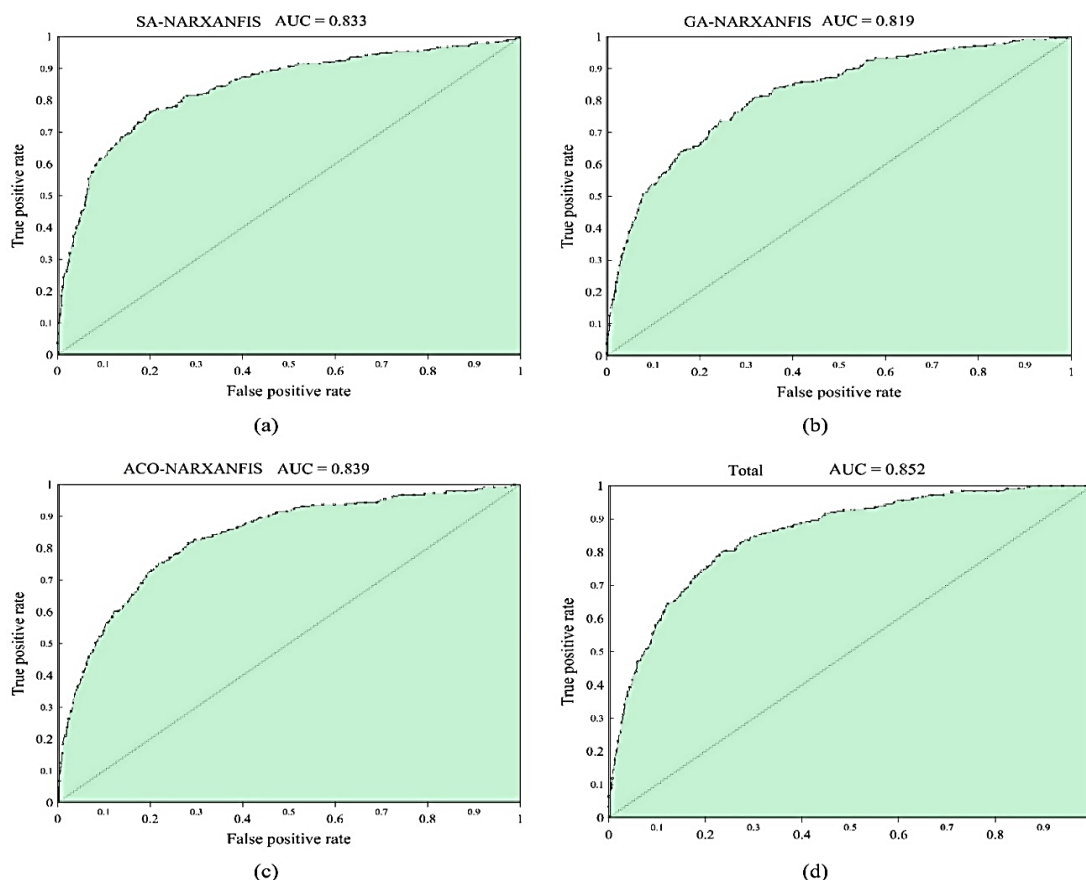


شکل ۷: مقادیر MSE, RMSE, Error Mean, Error STD

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود خطا روند کاهشی داشته و کمترین خطا با استفاده از الگوریتم فراابتکاری SA به دست آمده است. در مرحله اول داده‌ها آماده‌سازی و سپس پاکسازی لازم صورت می‌پذیرد و در نهایت بعد از شناسایی داده‌های پرت و اصلاح مقادیر مدل‌سازی با استفاده از ویژگی سری زمانی شبکه عصبی نارکس پیش‌بینی در مورد مسیر پیشرفت شغلی کارکنان سازمان مورد مطالعه انجام می‌شود.

شبکه عصبی پویا از ابزارهای جدیدی است که در سیستم‌های غیرخطی و نامعین که روابط بین اجزا و پارامترهای سیستم به خوبی شناخته شده و تاثیرپذیر نیستند قادر به تحلیل و شبیه‌سازی می‌باشد [۴]. از آنجایی که داده‌های ۱۰ سال نیروی انسانی شرکت مورد مطالعه در اختیار قرار داشته است و پیش‌بینی صورت گرفته برای سال یازدهم و بعد از آن می‌باشد برای صحت و درستی مدل علاوه بر بررسی عملکرد شبکه پیش‌بینی را برای ۱۰ سال انجام و روند پیش‌بینی را با آنچه که در واقعیت اتفاق افتاده مقایسه نموده‌ایم.

در شکل ۶ روند پیش‌بینی در نمودارهای گرافیکی نشان داده شده است همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود میزان اختلاف پیش‌بینی‌های انجام شده با داده‌های واقعی بسیار نزدیک به هم بوده و درستی مدل طراحی شده مورد تایید قرار گرفته است. در شکل ۷ مقادیر $RMSE$ ، MSE ، $ERROR\ MEAN$ و $ERROR\ STD$ برای هر یک از الگوریتم‌های فراابتکاری SA، ACO، GA به همراه نمای گرافیکی آن‌ها و در شکل ۸ مقادیر AUC به دست آمده برای الگوریتم‌های SA، ACO، GA و حالت TOTAL با نمای گرافیکی نشان داده شده است.



شکل ۸: مقادیر AUC به دست آمده برای الگوریتم‌های فراابتکاری SA، ACO، GA و حالت TOTAL

در شکل ۷ قسمت a نمای گرافیکی نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی-فازی نارکس با استفاده از ۷۰ درصد داده‌ها نشان داده شده است و در قسمت‌های b, c و d نمای گرافیکی نتایج حاصل از تست شبکه عصبی-فازی نارکس با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری SA، ACO و GA نشان داده می‌شود.

ERROR.STD انحراف استاندارد از داده‌های حاصل از تست تولید شده در حالی که خطای میانگین استاندارد ERROR MEAN یک عبارت احتمالی در مورد نسبت اندازه نمونه و انحراف استاندارد نمونه‌ای است این شاخص با استفاده از قضیه حد مرکزی^{۲۷} سعی در اندازه‌گیری خطای برآورد میانگین جامعه آماری دارد.

AUC^{۲۸} سطح زیر منحنی^{۲۹} ROK است و هر چه مقدار آن از ۰/۵ بیشتر و به ۱ نزدیک‌تر باشد بهتر است. منحنی ROK منحنی مشخصه عملیاتی دریافت‌کننده است و به منظور بیان نرخ مثبت درست^{۳۰} در مقابل نرخ مثبت غلط^{۳۱} غلط^{۳۱} استفاده می‌شود [۱۹،۲۱].

مقادیر به دست آمده در شکل‌های ۷ و ۸ در جدول ۱ جمع‌آوری شده‌اند.

با توجه به توضیحات داده شده ما برای انتخاب بهینه‌ترین الگوریتم فراابتکاری شاخص‌های زمان آموزش کمتر MSE، RMSE و ERROR.STD را بررسی نمودیم که در تمامی این شاخص‌ها الگوریتم بهینه‌سازی SA نتایج بهتری را نشان می‌دهد ضمن اینکه در بررسی AUC مقادیر به دست آمده برای الگوریتم SA و ACO بسیار به هم نزدیک می‌باشد که با توجه به خطای کمتری که الگوریتم SA نشان می‌دهد به این نتیجه رسیدیم که شبکه عصبی-فازی نارکس که با الگوریتم فراابتکاری SA بهینه‌سازی شده است و به اختصار با NASACPM نشان داده می‌شود عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته و به همین دلیل به عنوان مدل نهایی انتخاب و معرفی می‌گردد.

جدول ۱: نتایج خروجی مدل طراحی شده

AUC	ERROR STD.	ERROR MEAN	MSE	RMSE	نتایج مدل شبکه عصبی- فازی نارکس
۰/۸۳۳	۰/۲۸۳۵	-۰/۰۱۹۷	۰/۰۸۰۶	۰/۲۸۴۰	بهینه‌سازی شده با الگوریتم SA
۰/۸۳۹	۰/۲۹۷۰	-۰/۰۰۸۰	۰/۰۸۸۲	۰/۲۹۷۱	بهینه‌سازی شده با الگوریتم ACO
۰/۸۱۹	۰/۲۸۴۳	-۰/۰۲۳۷	۰/۰۸۱۳	۰/۲۸۵۱	بهینه‌سازی شده با الگوریتم GA

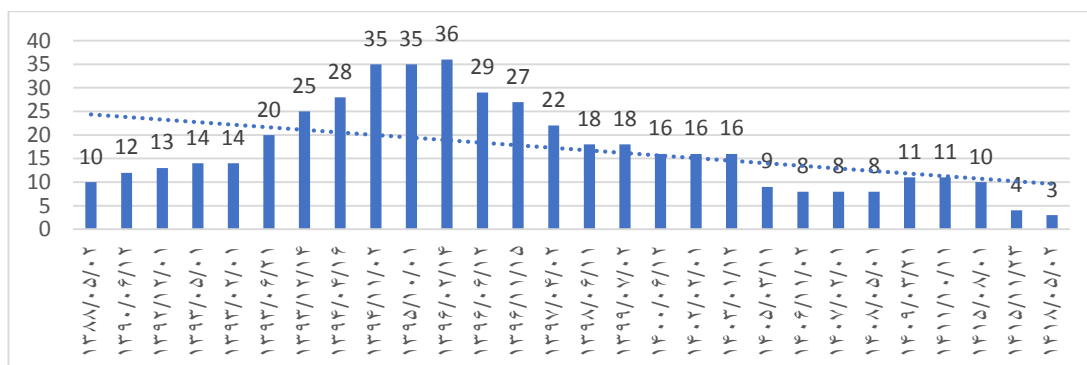
^{۲۷} Central Limit Theorem

^{۲۸} Area Under the rock Curve

^{۲۹} Receiver Operating Characteristics

^{۳۰} True Positive Rate

^{۳۱} False Positive Rate



شکل ۹: نمودار پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی برای یک نفر از کارکنان سازمان مورد مطالعه

در نمودار فوق خروجی مدل برای پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی یک نفر از کارکنان سازمان مورد مطالعه که با روش NASACPM به دست آمده نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شکل ۹ می‌بینید نتیجه پیش‌بینی قابل رویت می‌باشد. برای ۲۸ رده شغلی خروجی علاوه بر پیش‌بینی زمانی انجام شده عددی نیز روی هر ستون نمایش داده شده است که این عدد برای کارکنان مختلف می‌تواند عددی بین صفر تا صد باشد. به عبارت دیگر شبکه عصبی اطلاعاتی در مورد میزان عضویت یک کارمند در هر یک از ۲۸ رده شغلی ارائه می‌کند و به این ترتیب احتمال قرار گرفتن کارمند در هر رده شغلی مشخص می‌شود. این مدل علاوه بر مزایایی که دارد منجر می‌شود تا با پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی مورد نیاز در مشاغل آتی هر سازمان امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تری نسبت به روش‌های سنتی فراهم آید و رضایت‌مندی، عملکرد اثربخشی و در نهایت بهره‌وری نیروی انسانی نیز افزایش یابد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

با نگاهی راهبردی به منابع انسانی می‌توان از آن به عنوان سرمایه ارزشمند هر سازمان نام برد و توسعه منابع انسانی را در دستور کار قرار داد. یکی از ابزارهای این توسعه، مدیریت و هدایت مسیر پیشرفت شغلی کارکنان است. این مهم در سازمان‌های بزرگ امروزی به صورت سنتی دشوار بوده و در صورت عدم توجه به آن منجر به نارضایتی و کاهش بهره‌وری کارکنان و در نتیجه افزایش هزینه‌ها خواهد شد. فراهم آوردن برنامه‌های توسعه مسیر پیشرفت شغلی می‌تواند منجر به ایجاد احساس ارزش برای کارکنان سازمان شود و به نوبه خود رضایت شغلی، بهبود عملکرد و احساس موفقیت را در کارکنان افزایش و فشارهای روانی عدم تمرکز و ترک کار را کاهش دهد. چگونگی پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان در سازمان با توجه به تغییرات گسترده و پویای کسب و کارهای نوین امروزی به یکی از چالش‌های سازمان‌ها تبدیل شده است. سازمان‌ها همان‌گونه که به مدیریت نیروی انسانی می‌پردازند باید با توجه به شرایط زمانی کسب و کارها به مدیریت مسیر پیشرفت شغلی کارکنان خود نیز بپردازند.

در این مقاله سعی شده است مدلی بر مبنای مسیر پیشرفت شغلی کارکنان یک سازمان مورد مطالعه طی ۱۰ سال از ابتدای سال ۱۳۸۹ تا پایان سال ۱۳۹۸ ارائه شود که نتایج مدل حاکی از آن است که مدل طراحی شده یک شبکه عصبی - فازی پویا با ۲۱ ورودی و ۲۸ خروجی و کارایی ۹۸ درصدی می‌باشد که با استفاده از این مدل قادریم مسیر پیشرفت شغلی کارکنان سازمان را به صورت پویا پیش‌بینی و بر اساس پیش‌بینی صورت گرفته جابجایی کارکنان در درون سازمان انجام شود به طوری که روش پیشنهادی می‌تواند رضایت‌مندی کارکنان را تا ۸۵ درصد افزایش دهد.

همچنین در این پژوهش شبکه طراحی شده بر مبنای داده‌های واقعی ابزار قدرتمند برای پیش‌بینی می‌باشد که می‌تواند ساختار غیرخطی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان را با دقت موردنظر تقریب بزند و با استفاده از روشی پویا و در نظر گرفتن عدم اطمینان موجود در داده‌ها برای پیش‌بینی مسیر پیشرفت شغلی کارکنان استفاده کند تا به این ترتیب با افزایش رضایت‌مندی و عملکرد کارکنان منجر به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها گردد. در چنین حالتی مدل پیش‌بینی طراحی شده برای ایجاد یک تصویر شفاف از مسیر پیشرفت شغلی کارمند ضروری می‌باشد. یکی از مشکلات پیش رو در این پژوهش عدم دسترسی به دیتاهای کارکنان به صورت لحظه‌ای است که منجر می‌شود تا روند پیش‌بینی با تاخیر انجام شود که پیشنهاد می‌شود دیتاهای کارکنان با استفاده از نرم‌افزارهای موجود در سازمان‌ها به صورت لحظه‌ای به این مدل متصل شوند تا ارزیابی روند پیش‌بینی با سرعت و دقت بیشتری انجام شود. مدل عصبی-فازی نارکس مسیر پیشرفت شغلی کارکنان می‌تواند منجر به تغییر نگاه‌های سنتی گردد و سازمان‌های امروزی را به کمک کامپیوترها و بانک داده‌های منابع انسانی به استفاده از روش‌های هوشمند نوین برای تحلیل و تعیین مسیر پیشرفت شغلی کارکنان هدایت نماید که در توسعه مدیریت منابع انسانی الکترونیک نقش مهمی ایفا خواهد نمود.

البته امکان تحقیقات بیشتر در این زمینه وجود دارد زیرا همان‌گونه که قبلاً بیان شد رده‌های شغلی در این تحقیق برای دو بخش پشتیبانی و عملیاتی در سازمان مورد مطالعه در نظر گرفته شده‌اند. یکی از مواردی که به عنوان تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود این است که دسته‌بندی بخش‌های سازمان و تعیین رده‌های شغلی در هر بخش را با استفاده از قابلیت خوشه‌بندی شبکه‌های عصبی تعیین نموده و سپس ورودی‌ها و خروجی‌های تحقیق را بر اساس خوشه‌بندی انجام شده تعریف نماییم. با توجه به اینکه تابع عضویت ناقوس شکل دارای یک پارامتر بیشتر نسبت به توابع عضویت گاوسی است، بنابراین کنترل بیشتری روی آن برای تنظیم شیب در نقاط تقاطع وجود دارد و پیشنهاد می‌شود این دسته از توابع عضویت ناقوس شکل نیز مورد مطالعه قرار گیرند.

فهرست منابع

- [1].Akinyede, R.O., Daramola, O.A. (2013). Neural Network Web- Based Human Resource Management System Model (NNWBHRMSM). International Journal of Computer Networks and Communications security, Vol.1, No.3, pp:75-87.
- [2].Almedia, A., Azkune.G. (2018). Predicting Human Behavior with Recurrent Neural Networks. applied Sciences.MDPI.DOI:10.3390/app8020305.
- [3].Amellas, Y., Bakkali, O, E. (2020). Short-term wind speed prediction based on MLP and NARX network models. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol.18, No.1, pp.150-157.
- [4].Andrawis, R.R., Atiya, A.F., Elshishiny, H. (2011). Forecast combinations of computational intelligence and linear models for the NN5 time series forecasting competition. International Journal of Forecasting,27, 672-688.
- [5].Bigand, A., Colot, O. (2010). Fuzzy filter based on interval-valued fuzzy sets for image filtering. Fuzzy sets and systems,161(1), pp:96-117.
- [6].Cabestany, J., Rojas, I., Joya,G.(Eds.). (2011). Advances in Computational Intelligence: 11th International Work-Conference on Artificial Neural Networks. IWANN Torremolinos-Malaga, Spain,June 8-10,Proceedings,Springer Science & Businees Media.
- [7].Dorigo, M., Stutzle, T. (2004). Ant Colony Optimization. MIT Press Cambridge.
- [8].Driver, M. J. (1982). The meaning of career success a closer inspection of historical cultural and isdeological contexts. Career Development International Journal of Management and Human,16, NO 4, pp:364-384.
- [9].Eiben, A.E., Smith, J.E. (2003). Introduction to Evolutionary Computing. Springer press.
- [10].Glover, F., Laguna, M. (2002). Tabu Search, In Handbook of Applied Optimization. Oxford university press, 194-208.
- [11].Hall, D.T., Heras,M.L. (2010). Commentary Reintegrating Job Design and Career Theory Sreating not Just Good Jobbut Smart Jobs. Jornal of Organizational Behavior, Vol. 26, No. 20, pp:243-259.
- [12].Hatch, M.J. (2013). Organization Theory: Modern, Symbolic and Postmodern Perspective. Oxford Press.
- [13].Haykin, S. (1999). Neural Networks a Comprehensive Foundation. second edition, Prentice Hall, International Inc.engineering Education,23(4), pp:603-609.
- [14].Hagan, M.T., & Menhaj, M. (1994). Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. IEEE Transactions on Neural Networks, vol.5, No.6, pp.989-993.

- [15].Hagan, M.T., Demuth H.B., & BealeM.H. (1996). *Neural Network Design*. Boston, MA: PWS Publishing.
- [16].Jahangoshai Rezaee, M., Dadkhah, M., Falahinia, M. (2019). Integrating neuro-fuzzy System and evolutionary optimization algorithms for short-term power generation forecasting. *International Journal of Energy Sector Management*.www.emeraldinsight.com.
- [17].Jang, R. (1993). ANFIS: Adaptive -Network-based Fuzzy Inference Systems. *IEEE, Transactions on systems, Man and Sybernetics*, 23(3), pp:665-685.
- [18].Kong, H., Cheung, C., Song, H. (2011). Hotel career management in China: Developing a measurement scale. *Int,J,Hospitality manage*,30(1):8-112.
- [19].Lobo, J.M., Valverde, A.J., Real, R. (2007). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global ecology and Biogeography*.
- [20].Lukovac, V., Pamucar, D., Popovic, M., Dorovic.B. (2017). Portfolio model for analyzing human resources: An approach based on neuro- fuzzy modeling and the Simulated annealing algorithm. *Expert Systems with Applications*, 90, pp:318-331.
- [21].Muschelli, j. (2019). ROK and AUC with a binary predictor: a Potentially Misleading Metric. *Journal of Classification*, 37, 696-708.
- [22].Patrikson & Clark. (2015). Managers Career Development Recognition in Taiwanese Companies. *Asia Pacific Management Review*,17.
- [23].Rasdi Roziah, M., Maimunah, I., Jegak, U., Sidak Mohd, N. (2009). Towards developing a theoretical framework for measuring public sector managers career success. *J Eur, Int, train*:33(3):54-232.
- [24].Razak.T.R., Hashim.M.A., Noor.N.M., AbdHalim.I.H. (2014). Career path recommendation system for UITM perlis students using fuzzy logic. *Conference Paper*. DOI:10.1109/ICIAS.2014.6869553.
- [25].Schnake,Mel,E.,Williams Report,J.,Fredenberger,W. (2007). Relationship between frequency of use of career management practices and employee attitudes intention to turnover and job search behavior. *J Organ Cult*:11(1):53-64.
- [26].Schein, E.H. (1996). Career Anchors Revised Implications for Career Development in the 21st Century. *The Academy of Management Executive*,Vol. 10,No. 54,pp: 80-88.
- [27].Sivanandam, S.N., Deepa, S.N. (2011). *Principles of Soft Computing*. 2nd Edition,WILEY INDIA.
- [28].Stavrou, E., Charalambous, C., Spiliotis, S. (2007). Human resource management and performance: A neural network analysis. *European Journal of Operational Research*, Volume 181,Issue1,pages:453-467.

- [29].Subahi, A. (2018). Data Collection for Career Path Prediction Based on Analysing Body of Knowledge of Computer Science Derees. Journal of Software.DOI:10.17706/jsw.13.10.533.546.
- [30].Takagi.T., Sugeno.M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Transactions on systems,Man and Cybernetics,15:116-132.
- [31].Tian, X., Pu, Y. (2008). AN Artifical Neural Network Approach to Hotel Employee Satisfaction:The Case of China. Social Behavior and Personality,36(4), pp:467-482.
- [32].Wang, H., Yang, B. Chen, W. (2016). Unknown Constrained Mechanisms Operation based on Dynamic Interactive Control. CAAI,transactions on Intelligence Technology ,1 (3),pp:259-271.
- [33].Wang, K.Y., Shun, H.Y. (2016). Applying Back Propagation Neural Networks in the Prediction of Management Associate Work Retention for Small and Medium Enterprises. Universal Journal of Management 4(5), pp:223-227.

