

رویکردهای جدید در پیش‌بینی با استفاده از شبکه‌های عصبی - فازی: قیمت نفت

محمد رحیم رمضانیان^{۱*}، اسماعیل رمضانپور^۲، سید حامد پوربخش^۳

۱- استادیار گروه مدیریت، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

۲- استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

۳- کارشناس ارشد گروه مدیریت، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

دریافت: ۸۹/۱/۲۸

پذیرش: ۹۰/۱/۲۹

چکیده

دنیای امروز دنیای تغییر است و دانستن این‌که در آینده چه موقعیتی در انتظار ما است، تقاضای محصولات ما چه قدر است و یا آن‌ها را به چه قیمتی می‌توانیم به فروش برسانیم، عامل مهمی در حفظ حیات و بقای سازمان‌ها است. برای دسترسی به آینده باید بتوانیم پیش‌بینی کنیم. با پیشرفت روزافزون علم، استفاده از روش‌های جدید و به کارگیری تکنولوژی‌های هوشمند رونق بسیاری پیدا کرده است.

در این تحقیق کاربرد علم پیش‌بینی در مدیریت مورد پژوهش قرار گرفته و سعی شده است که روش‌ها و الگوریتم‌های جدید مانند شبکه‌های عصبی و منطق فازی تشریح شده و کاربرد ترکیب این دو روش در پیش‌بینی بررسی شود. از همین رو نخست با استفاده از چندین روش مختلف مانند میانگین متحرک ساده، میانگین متحرک موزون، نمو هموار ساده، نمو هموار دابل، روند خطی، روند تابع ترکیبی و روند نمایی پیش‌بینی مورد نظر انجام شد، سپس نتایج این روش‌ها هم با نتایج حاصل از روش شبکه‌های عصبی فازی با استفاده از شش معیار اندازه‌گیری خطای پیش‌بینی مقایسه گردید و این نتیجه به دست آمده که در همه معیارها، روش شبکه‌های عصبی فازی نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد و میزان تطابق داده‌ها (ضریب R^2) مربوط به شبکه‌های عصبی - فازی ۹۰ درصد است.



داده‌های استفاده شده در این تحقیق مربوط به سال‌های ۱۹۷۰-۲۰۰۵ میلادی کشورهای صادر کننده نفت (اوپک) بوده است.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی، شبکه‌های عصبی، شبکه‌های عصبی - فازی.

۱- بیان مسأله

دنیای امروز، دنیای تغییر است و دانستن این‌که در آینده چه موقعیتی در انتظار ما است، عامل مهمی در حفظ حیات و بقای سازمان‌ها می‌باشد. ما هر روز با موقعیت‌ها و شرایطی روبه‌رو می‌شویم که نیازمند پیش‌بینی آینده است. دولت به پیش‌بینی واردات و صادرات، سهام‌داران به شناخت وضعیت بازار و مدیران سازمان‌ها به شناخت رفتار کاری کارکنان نیاز دارند [۱، ص ۴۱]. مدیران هر روز تصمیماتی شخصی و حرفه‌ای می‌گیرند که مبتنی بر پیش‌بینی وضع آینده است. در بسیاری از موارد پیش‌بینی آینده بر مبنای گذشته و حال است. در واقع ایشان سعی می‌کنند بین دو یا چند متغیر به نحوی ارتباط برقرار کنند که بتوانند از آن در پیش‌بینی آینده استفاده نمایند [۱، ص ۱۶۳].

در یک تقسیم‌بندی کلی روش‌های پیش‌بینی را به دو دسته کمی و کیفی تقسیم‌بندی می‌کنند. روش‌های کمی زمانی به کار می‌روند که ادامه روند گذشته در آینده انتظار می‌رود و یا نوعی رابطه علی بین متغیرها برقرار است، در حالی که روش‌های کیفی موقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند که اطلاعات اندکی از گذشته در اختیار ما باشد [۲].

۲- اهمیت مسأله و هدف از پژوهش

شاید اغراق نباشد اگر گفته شود که در تمام دوره‌های زندگی بشر، نفت ماده‌ای شناخته شده بوده است اما در طول چندین دهه گذشته، حیاتی بودن آن برای تداوم زندگی اقتصادی تردیدناپذیر شده است. حدود ۷۵ درصد از کل منابع نفت موجود جهان در خاورمیانه قرار دارد و ایران یکی از ۵ کشور بزرگ مالک ذخایر نفتی در جهان است [۳]. درآمدهای حاصل از فروش نفت جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشور دارد و صنعت نفت از مهم‌ترین صنایع کشور محسوب می‌شود و مسأله پیش‌بینی قیمت نفت در تعیین سیاست بهره‌برداری از منابع نفتی

از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرف دیگر پیش‌بینی و الگوهای آن یکی از مباحث مهم و حیاتی مدیریت در زمینه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری است که امروزه علاقه فراوانی در استفاده از سیستم‌های هوشمند به منظور بهبود کیفیت تصمیم‌های مدیریتی و کاهش خطاهای پیش‌بینی به دلیل قابلیت بالای این سیستم‌ها به وجود آمده است. در سال‌های اخیر شاهد حضور موفق شبکه‌های عصبی مصنوعی بوده‌ایم. ایده آموزش برای حل مسائل شناسایی الگوهای پیچیده با استفاده از دیدگاه عامل‌های داده هوشمند برای محققان دانشگاهی بسیار چالش برانگیز شده است [۴].

این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از روش‌های جدید و نیرومند و با استفاده از ترکیب رویکرد شبکه‌های عصبی و منطق فازی به پیش‌بینی قیمت نفت خام بپردازد و کیفیت آن را با روش‌های کلاسیک پیش‌بینی مقایسه کند.

۳- تاریخچه و پیشینه موضوع

در زمینه پیش‌بینی و همچنین مباحث مربوط به شبکه‌های عصبی تحقیقات زیادی صورت گرفته است. یکی از این کارها تحقیق مک رادیکس و وینکلر^۱ بود که در مورد تولید ناخالص ملی انجام شد. آن‌ها در پژوهشی دریافتند که میانگین موزون یا ساده میزان خطای پیش‌بینی را نسبت به سایر روش‌ها بسیار کاهش می‌دهد [۵]. آلوارو^۲ دو روش پیش‌بینی (هموارسازی نمایی و شبکه‌های عصبی) را در سال ۲۰۰۰ با هم ترکیب کرد و به این نتیجه رسید که روش‌های ترکیبی نتایج بهتری نسبت به روش‌های کلاسیک به دنبال دارند [۶]. کاربرد الگوریتم ژنتیک در شبکه‌های عصبی نیز مورد پژوهش قرار گرفت و وزن‌گذاری شبکه‌های عصبی فازی از طریق الگوریتم ژنتیک انجام شد [۷]. بسیاری از پژوهش‌ها نیز در زمینه شاخص‌های کلان اقتصادی مانند نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی صورت گرفته است. در تحقیقاتی که انجام شده است، محققان مدعی شده‌اند که روش‌های فردی پیش‌بینی با تأثیر متقابل بر هم می‌توانند باعث کاهش خطای پیش‌بینی شوند [۸]. در سال‌های اخیر نیز استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی ادامه یافته است. در پژوهشی در سال ۲۰۰۴

1. Makradiks S.A. and Winkler

2. Alvaro



بهره‌وری و سودمندی روش شبکه‌های عصبی جهت تخمین اولیه هزینه اسکلت ساختمان‌ها بررسی شد. در این پژوهش هزینه‌ها و طراحی‌های ۳۰ پروژه ساختمانی مسکونی ۴-۸ طبقه در ترکیه به همراه هشت عامل مؤثر در هزینه‌های ساختمان به عنوان داده‌های آموزشی و آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت مدل ارائه شده از ۹۳ درصد صحت برخوردار شد [۹]. شبکه‌های عصبی در تجزیه و تحلیل بسامد تصادفات در آزادراه‌ها نیز مورد استفاده قرار گرفت.

در این تحقیق با استفاده از داده‌های مربوط به دو سال ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ در یکی از بزرگراه‌های تایوان^۱، مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی^۲ با شبکه عصبی مصنوعی شامل سه لایه (۱۵ نرون ورودی، ۱۰ نرون لایه پنهان و ۵ نرون خروجی) مقایسه شد و این نتیجه به دست آمد که شبکه‌های عصبی جایگزین مناسبی برای الگوی رگرسیون دو جمله‌ای منفی به شمار می‌آیند [۱۰]. در سال ۲۰۰۶ نیز تحقیقات در زمینه شبکه‌های عصبی ادامه پیدا کرد. در تحقیقی که در صنایع تولیدی تایوان نیز انجام شد، عملکرد نوآوری در تکنولوژی و محصول برآورد شد. این مطالعه الگویی ارائه کرد که عملکرد نوآوری تکنولوژیک را با به کارگیری "منابع اطلاعاتی فنی" و "اهداف روشن نوآوری" پیش‌بینی می‌کند. این الگو از رویکرد شبکه عصبی با الگوریتم پس انتشار استفاده کرده است که نتایج شبکه را با روش رگرسیون مقایسه می‌کند و نشان می‌دهد که نتایج حاصل از شبکه‌های عصبی از روش رگرسیون دقیق‌تر است [۱۱]. در همین زمینه نیز پژوهشی در مورد پیش‌بینی عملکرد پروژه از طریق شبکه‌های عصبی انجام شد. در این تحقیق الگوی شبکه عصبی برای پیش‌بینی عملکرد پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی ایجاد شد و داده‌هایی از بخش ساختمان سازی هنگ‌کنگ^۳ جمع آوری گشت. اطلاعات مربوط به کارفرمایان مختلف به‌عنوان ورودی و نتایج عملکرد بردگان مناقصات نیز به‌عنوان متغیر خروجی در نظر گرفته شد. نتایج داده‌های آزمایش نشان می‌دهد که ۷۰٪ اوقات نتایج پیش‌بینی شده شبکه، درست بوده‌اند [۱۲]. در تحقیق دیگری که به‌تازگی انجام شده است، از قیمت نفت به‌عنوان ورودی برای پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی استفاده شده است. در این تحقیق با فرض این‌که قیمت‌های نفت بر روی خروجی

1. National freeway 1
2. Negative binomial regression
3. Hong Kong housing department

اقتصاد در یک حالت غیر خطی مؤثر است ولی شکل کلی تابع آن مورد اجماع نیست، از شبکه‌های عصبی جهت ارتباط دادن متغیرهای کلان اقتصادی با قیمت‌های نفت استفاده شد.

در پایان این تحقیق نویسنده مدعی است رویکرد شبکه‌های عصبی که از قیمت نفت به عنوان ورودی استفاده می‌کند از سایر روش‌ها مانند قدم زدن تصادفی ساده^۱، خورگرسو، روند خطی و شبکه‌های عصبی بدون در نظر گرفتن قیمت نفت، مؤثرتر است، خطای (MSE) کمتری دارد و برای پیش‌بینی در امور اقتصادی ابزار مناسبی است، در نتیجه توانایی بالقوه جهت کاربردهای دیگر اقتصادی را دارد [۱۳]. آذر و رجب‌زاده نیز به طراحی الگوی پیش‌بینی شبکه عصبی ترکیبی هوشمند در صنعت پرداختند. در این پژوهش نخست با استفاده از ۱۵ روش تقاضای نفت پیش‌بینی شده و سپس خروجی‌های این ۱۵ روش به‌عنوان ورودی شبکه عصبی قرار گرفتند که به پیش‌بینی تقاضای نفت منجر شود. در انتها این نتیجه به دست آمد که خروجی شبکه نهایی کم‌ترین خطا را نسبت به سایر روش‌ها داشته است [۱۴].

یکی دیگر از کارهای انجام شده در این زمینه پیش‌بینی کوتاه‌مدت نفت خام با استفاده از شبکه عصبی پیش‌خور است. این پژوهش با استفاده از داده‌های موجود به ارائه الگویی جهت پیش‌بینی قیمت مبادرت کرده است [۱۵]. در حیطه پیش‌بینی با استفاده از شبکه‌های عصبی در حوزه انرژی تحقیقات دیگری نیز صورت گرفته است. امین ناصری و کوچ‌زاده در تحقیقی با استفاده از معماری شبکه عصبی به منظور پیش‌بینی مصرف ماهانه نفت گاز کل کشور، الگویی ارائه کردند که نتایج تحقیق برتری این الگو را در مقایسه با دو روش آماری (رگرسیون و ARIMA) تأیید کرده است [۱۶، صص ۶۹-۹۵].

منهاج و همکاران نیز به پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور با استفاده از شبکه‌های عصبی پرداختند. این الگو براساس داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو طی سال‌های ۱۳۴۷-۱۳۸۵ طراحی و نتایج آن با الگوی رگرسیون چند متغیره مقایسه شد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی از روش رگرسیون چند متغیره به‌مراتب خطای کمتری دارند (کاهش درصد میانگین قدر مطلق خطا از ۱۵/۵۲ درصد به ۶/۰۵ درصد) [۱۷، صص ۲۰۳-۲۲۰]. در حوزه اقتصاد کلان هم شبکه‌های عصبی به منظور پیش‌بینی به



کار گرفته شده است. در یکی از این پژوهش‌ها یک الگوی شبکه عصبی برای پیش‌بینی تورم در ایران با استفاده از اطلاعات سال‌های (۱۳۳۸-۱۳۷۷) طراحی و اجرا شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در غالب موارد شبکه‌های عصبی در زمینه پیش‌بینی تورم دوره آتی ایران نسبت به رقبای خود برتری دارند [۱۸، صص ۱۴۷-۱۸۴]. با استفاده از روش شبکه‌های عصبی و فازی نیز تحقیقی به وسیله آذر و افسر در بازار سهام صورت گرفته است. در این پژوهش قیمت سهام چهار شرکت بورسی با استفاده از سه طرح مورد بررسی قرار گرفته است که در سناریو اول با استفاده از روش‌های کلاسیک، در سناریو دوم با استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی و در سناریو سوم با استفاده از روش شبکه عصبی-فازی پیش‌بینی قیمت سهام انجام شده است و در نهایت روش شبکه عصبی فازی دارای خطای کمتری نسبت به سایر روش‌ها بوده است [۱۹، صص ۱-۱۶].

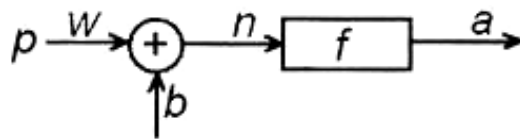
تحقیق دیگری نیز در حوزه پیش‌بینی در بورس تهران به منظور ارزیابی پیش‌بینی پذیری قیمت سهام و تعیین میزان قابلیت پیش‌بینی در این بازار صورت گرفته است. نتایج این تحقیق که اطلاعات نمونه‌های مختلفی از صنایع متفاوت (صنعت غذایی، دارویی، خودرو، فلزی و سرمایه‌گذاری) به همراه شاخص قیمت سهام در بورس تهران^۱ را در بر می‌گیرد، نشان می‌دهد قابلیت پیش‌بینی برای سری زمانی مولد شاخص قیمت سهام در بورس تهران از سایرین بیش‌تر است [۲۰، صص ۶۱-۸۷]. در خارج از حوزه پیش‌بینی نیز شبکه‌های عصبی به منظور مقایسه دو الگوی متفاوت به کارگماری نیروی انسانی در سازمان‌ها (مبتنی بر سطح تحلیل فردی و مرسوم، مبتنی بر سطح تحلیل گروهی و پیشنهادی محققان) در معیار هزینه مورد استفاده قرار گرفته است [۲۱، صص ۱۳۵-۱۵۶] که نشان‌دهنده حوزه‌های گسترده استفاده از این تکنیک در مدیریت است.

۴- چارچوب نظری پژوهش

شبکه‌های عصبی را با اغماض زیاد می‌توان الگوهای الکترونیکی از ساختار عصبی مغز انسان نامید. مکانیسم فراگیری و آموزش مغز در اساس بر تجربه استوار است. شبکه‌های

1. TEPIX (Tehran Exchange Price Index)

عصبی از تلاش برای الگوسازی طرز کار واقعی مغز نشأت گرفته است [۲۲، ص ۲۴].
الگوی ریاضی نرون‌ها نیز شبیه الگوی طبیعی آن‌ها است. شکل ۱ ساختار یک نرون تک ورودی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ نمودار تابع ریاضی نرون عصبی [۲۲، ص ۲۴]

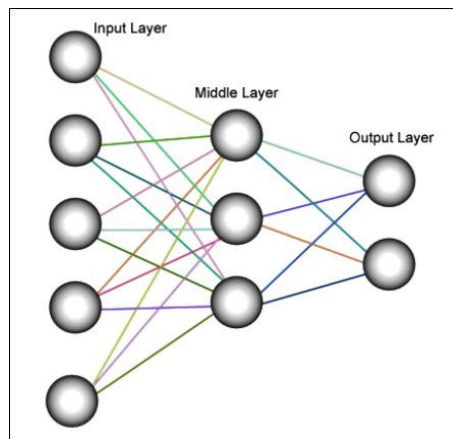
متغیر P ورودی (معادل سیگنال ورودی به دندریتها) و متغیر W وزن (P معادل سیناپس در نرون طبیعی) است. ورودی دیگری که مقدار ثابت یک است در جمله بایاس b ضرب شده و سپس با WP جمع می‌شود. این حاصل جمع، ورودی خالص n برای تابع محرک f (معادل هسته سلول) خواهد بود. در نهایت a خروجی (سیگنال عبوری از اکسون) خواهد بود.

$$a = f(wp + b)$$

یک شبکه عصبی مصنوعی ممکن است چند ورودی یا چند نرون داشته باشد ولی پایه کار مانند شکل بالا است. شبکه‌های عصبی دارای الگوهای گوناگون و الگوریتم‌های یادگیری مختلفی است. اما یکی از پرکاربردترین این الگوها در مدیریت، شبکه‌های عصبی چند لایه پیش‌خور و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا می‌باشد، به طوری که براساس مطالعات اخیر، بیش از ۵۰ درصد مطالعات کاربردی مدیریت شبکه عصبی گزارش شده از شبکه‌های عصبی چند لایه پیش‌خور با قوانین الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا استفاده کرده‌اند [۲۳، صص ۱۰۴۵-۱۰۴۷]. معماری این الگوی شبکه عصبی سه جزء متفاوت دارد. لایه‌ای که در آن الگوهای ورودی به کار می‌رود، لایه ورودی و لایه‌ای که از آن پاسخ خروجی دریافت می‌شود، لایه خروجی نام دارد. در ضمن این نوع شبکه حداقل یک لایه پنهان نیز دارد که خروجی‌های آن کاملاً قابل رؤیت نیست. در شکل ۲ ساختار این نوع شبکه نمایش داده شده است که در آن دایره‌ها نشانگر نرون‌ها و جهت‌نماها نشانگر مسیرهای ارتباطی بین آن‌ها



است. همچنین هر جهت‌نما به همراه وزن‌های سیناپسی است و هر نرون خروجی‌های خود را بر مبنای میزان تحریک ورودی‌های دریافت شده محاسبه می‌کند.



شکل ۲ نمودار شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور [۲۴، ص ۸۶]

شبکه برای یک الگوی ورودی، یک خروجی (یا مجموعه‌ای از خروجی‌ها) ایجاد می‌کند. سپس بر اساس الگوریتم یادگیری خود این خروجی با مقدار مطلوب آن مقایسه می‌شود. برای مسائل طبقه‌بندی، مقدار مطلوب صفر و یک می‌باشند، در حالی که برای مسائل پیش‌بینی این مقدار پیوسته است. پس از آن وزن‌های شبکه برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح و الگوی بعدی نمایان می‌شود. اصلاح وزن‌ها به‌طور مداوم در این روال تا زمانی که کل خطاها از سطح تولرانس از پیش تعیین شده کم‌تر شود، ادامه پیدا می‌کند. این الگوریتم به یادگیری پس انتشار خطا معروف است [۲۵، صص ۵۹۹-۶۰۴]. دلیل این‌که تأثیر این به‌روزرسانی ورودی‌ها به صورت تدریجی مجذور میانگین خطا را به حداقل می‌رساند، این است که تمامی الگوهای ورودی، متکی بر این حقیقت‌اند که الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا، گرادینان نزولی در تابع خطا دارد. آنچه این الگو را از الگوهای دیگر مجزا می‌سازد، فرایندی است که به وسیله آن وزن‌ها در طول فاز آموزش شبکه محاسبه می‌شود. به‌طور معمول مشکل در شبکه‌های چند لایه، محاسبه مؤثر وزن‌ها در لایه‌های پنهانی به شیوه‌ای است که خطای خروجی به حداقل برسد [۲۶، ص ۶۸].

۵- شبکه‌های عصبی - فازی

وقتی سیستمی تنها با شبکه‌های عصبی طراحی می‌شود، شبکه به صورت جعبه سیاهی است که احتیاج به تعریف شدن دارد. این مسأله یک فرایند به طور شدید محاسباتی و سنگین است. محقق تنها بعد از تجربیات و تمرینات وسیع در مورد پیچیدگی شبکه مورد نظر، الگوریتم یادگیری به کارگرفته شده و میزان دقت قابل قبول می‌تواند به یک رضایت نسبی دست پیدا کند. علم مدیریت فازی می‌تواند الگوهایی را طراحی کند که نظیر مغز انسان، از توانایی پردازش اطلاعات به صورت هوشمند برخوردار باشد. در نتیجه علم مدیریت فازی، ضمن ایجاد انعطاف‌پذیری، در الگوکردن داده‌هایی نظیر دانش، تجربه و قضاوت انسانی هم مؤثر است و پاسخ‌های کاملاً کاربردی ارائه می‌دهد [۲۷]. ولی در طراحی‌های سیستم‌های فازی نیاز به فهم عمیقی از متغیرهای فازی و توابع عضویت، روابط ورودی و خروجی و به‌علاوه تشخیص درست در انتخاب قوانین فازی دارد. اما در شبکه عصبی - فازی نخست قسمت شبکه عصبی برای یادگیری و طبقه‌بندی کردن توانایی‌ها و نیز پیوند و اصلاح الگو به کار می‌رود. قسمت شبکه عصبی به‌طور خودکار، قواعد منطق فازی و توابع عضویت را در طول دوره تناوب یادگیری ایجاد می‌کند. در مجموع، حتی پس از یادگیری، شبکه عصبی به اصلاح توابع عضویت و قواعد منطق فازی ادامه می‌دهد، به‌گونه‌ای که از سیگنال‌های ورودی آن بیشتر و بیشتر یاد می‌گیرد.

۶- روش تحقیق

این تحقیق از منظر هدف، تحقیقی عملی است که با روش‌های پیش‌بینی قیمت در بازار نفت سر و کار دارد، اما از آن‌جا که در این مطالعه نوعی رابطه علت و معلولی جستجو شده و از طرفی متغیر مستقل دستکاری نشده است، نوع تحقیق از لحاظ ماهیت و روش، علی پس از وقوع است. در انجام این تحقیق نخست تحقیقات متفاوت و الگوهای مختلفی که در بازار نفت و سایر بازارهای مشابه انرژی وجود داشت، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. هدف از این بررسی‌ها شناخت متغیرهایی است که بر قیمت نفت اوپک تأثیرگذار هستند. از لحاظ تئوری‌های اقتصادی عرضه و تقاضای نفت متغیرهای هستند که در قیمت نفت تأثیرگذار هستند. متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از تولید نفت خام اوپک و



جهان، صادرات نفت خام اوپک و جهان، قیمت نفت خام اوپک، مصرف محصولات پالایشگاهی در دنیا، ارزش صادرات نفت خام اوپک، میزان ذخایر نفت خام اوپک و جهان، صادرات گاز طبیعی اوپک و جهان، گاز بازاریابی شده^۱ اوپک و جهان، میزان ذخایر گاز طبیعی، تولید ناخالص داخلی اعضای اوپک. در مرحله بعد اجرای پیش‌بینی به وسیله روش‌های مختلف و مقایسه معیارهای خطای هر کدام از این روش‌ها به منظور مشخص کردن روش پیش‌بینی مناسب صورت می‌پذیرد. روش‌های پیش‌بینی مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان در چند دسته بیان کرد. روش‌هایی کلاسیک مبتنی بر داده‌های گذشته که شامل روش میانگین متحرک، روش میانگین متحرک موزون، روش نمو هموار ساده و روش نمو هموار دوپل می‌باشند. دسته دوم روش‌هایی هستند که با استفاده از "روند" به پیش‌بینی می‌پردازند. در این پژوهش از چند نوع روند (روند خطی، روند لگاریتمی و روند نمایی) استفاده شده است و در نهایت دسته سوم روش‌های پیش‌بینی، رویکرد روش‌های نوین (فرا ابتکاری) مانند شبکه‌های عصبی فازی است. پس از پیش‌بینی با روش‌های مختلف و متنوع، با استفاده از معیارهای مختلف ذکر شده، خطاهای هر یک از روش‌ها با هم مقایسه شده است. برای مقایسه روش‌های پیش‌بینی باید از شاخص‌های محاسبه خطا بهره گرفته شود که در این تحقیق از شاخص‌های MSE , $RMSE$, MAD , $MAPE$, $NSME$, R^2 برای مقایسه روش‌های پیش‌بینی و برای طراحی الگو و انجام محاسبات از نرم‌افزار مطلب^۲ استفاده شده است.

۷- یافته‌های پژوهش

در این پژوهش علاوه بر پیش‌بینی با روش‌های کلاسیک، پیش‌بینی با استفاده از روش عصبی فازی در سه مرحله صورت گرفته است:

۱- طراحی

۲- آماده‌سازی داده‌ها

۱. از آنجایی که صادرات گاز طبیعی از لحاظ سخت‌افزاری با صادرات نفت خام متفاوت است و صادرات گاز طبیعی نیاز به لوله‌کشی و تجهیزات خاص خود دارد، از این جهت گاز بازاریابی شده یکی از عواملی است که می‌تواند در پیش‌بینی میزان صادرات گاز طبیعی و بالطبع آن در پیش‌بینی تقاضای نفت خام و قیمت آن مورد استفاده قرار گیرد. گاز بازاریابی شده، گازی است که در صادرات آن در سال‌های بعد محرز شده است.

2. MATLAB

۳- اجرای مدل

در طراحی الگوی شبکه‌های عصبی فازی در قسمت شبکه‌های عصبی از شبکه‌های عصبی چند لایه پیش‌خور (MFNN) و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و در قسمت فازی از سیستم استنتاج فازی ساگنو^۱ استفاده شده است. تعداد لایه‌های پنهان شبکه دو در نظر گرفته شده است (تحقیقات نشان می‌دهد که به‌ندرت شبکه‌ای با بیش از سه لایه پنهان در مسائل پیش‌بینی بهبود نشان داده است [۲۸، ص ۲۲]) و تابع ورودی مدل سیگموئید و تابع خروجی خطی و برای غیر فازی کردن از تابع میانگین متحرک استفاده شده است.

در مرحله آماده‌سازی داده‌ها با توجه به این‌که در برخی از مواقع، انجام پیش پردازش مناسب بر روی داده‌ها، موجب عملکرد بهتر شبکه از خود شده است [۲۹، ص ۲۵؛ ۳۰، ص ۱؛ ۳۱، ص ۷] در این تحقیق نیز سعی شده است که نخست بر روی داده‌ها پردازش اولیه صورت گیرد. برای اجرای الگو و وارد کردن داده‌ها لازم است تا داده‌ها نرمال و سپس استفاده شوند. برای نرمال کردن داده‌ها از فرمول تابع سیگموئید با حد بالا عدد ۱ و حد پایین -۱ در نظر گرفته شده است (اغلب در تحقیقات مختلف، هم‌زمان با استفاده از تابع سیگموئید از این دو حد بالا و پایین استفاده می‌شود). قبل از این‌که به اجرای سیستم اصلی شبکه عصبی فازی پرداخته شود لازم است تا به منظور بهینه‌سازی زمان و هزینه و جلوگیری از پیچیدگی بیش از حد مدل، ورودی‌های الگو به شکل بهینه درآورده و در حقیقت پالایش اولیه بر روی آن‌ها صورت گیرد. به این منظور با استفاده از قابلیت‌های شبکه‌های عصبی فازی جستجوی کاملی در ترکیبات مختلف چند تایی (تکی، دوتایی، سه تایی، چهارتایی) داده‌ها صورت گرفته و برای هر ترکیب یک شبکه عصبی فازی اولیه طراحی شده است که در این صورت برای یک تکرار میزان خطای هر ترکیب محاسبه می‌شود. البته قابل ذکر است که برآورد پارامترها در یک الگوی شبکه عصبی، یک فرایند سیستماتیک نیست بلکه با استفاده از روش سعی و خطا و تکرار آزمایش‌ها امکان‌پذیر است [۳۲، ص ۲].

نتایج نشان می‌دهد (جدول ۱) که با استفاده از ۴ متغیر می‌توان خطا را به میزان قابل توجهی کاهش داد و به صفر نزدیک کرد. در این مرحله متغیرهای تأثیرگذار مشخص می‌شود و در نظر گرفتن متغیرهای بیش‌تر موجب پیچیدگی، کاهش کارایی و گاه افزایش خطای الگو

1. Sugeno



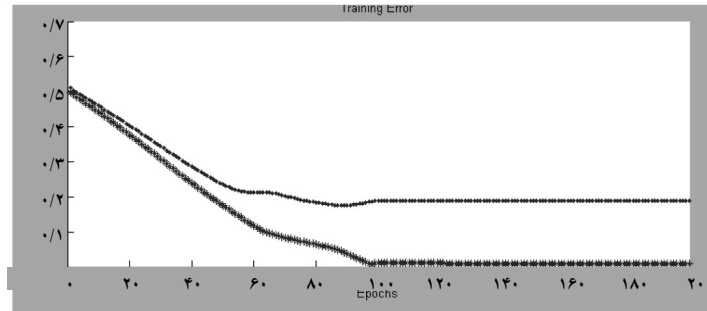
خواهد شد. در حقیقت در این مرحله الگوی متغیرهای اصلی را که بیشترین تأثیر را در پیش‌بینی قیمت نفت خام دارند، مشخص می‌کند. در نهایت این‌که تعیین تعداد ورودی بهینه هیچ گونه فرایند منظم و مشخص شده‌ای ندارد [۳۳، ص ۲۸] و از راه آزمایش و خطا حاصل می‌شود.

جدول ۱ میزان خطای نرمال ترکیبات مختلف آزمایش شده در تکرار اول

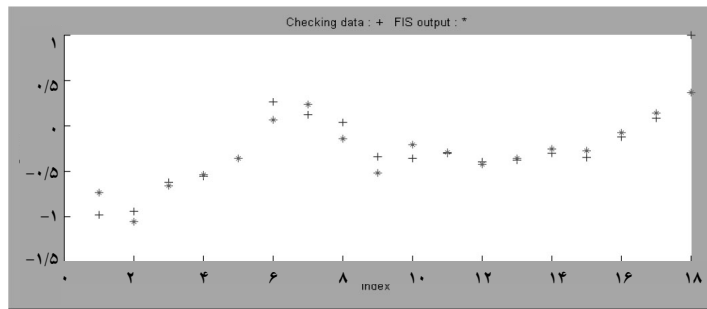
خطای پیش‌بینی		مؤثرترین متغیرها	تعداد ترکیبات مختلف آزمایش شده	تعداد متغیر انتخابی
داده‌های آزمایشی	داده‌های آموزشی			
۰/۲۰۷۴	۰/۱۵۳۱	ارزش صادرات نفت اعضای اوپک	۱۵	یک
۰/۰۷۱۴	۰/۰۱۰۳	ارزش صادرات نفت اعضای اوپک، صادرات نفت خام اعضای اوپک	۱۰۵	دو
۰/۰۶۸۶	در حد صفر	ارزش صادرات نفت اعضای اوپک، صادرات نفت خام اعضای اوپک و جهان	۴۵۵	سه
در حد صفر	در حد صفر	ارزش صادرات نفت اعضای اوپک، صادرات نفت خام اعضای اوپک و جهان، میزان ذخایر نفت خام اوپک	۱۳۶۵	چهار

برای اجرای سیستم بهینه شبکه‌های عصبی فازی از طریق تغییر مداوم تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌های لایه‌های پنهان، شبکه عصبی مناسب و از طریق تغییرات توابع عضویت مختلف و تعداد آن‌ها، سیستم مناسب فازی اجرا شد.

چهار متغیر انتخاب شده در جدول ۱ را دوباره وارد مدل نهایی می‌کنیم. شکل ۳ میزان خطای داده‌های آموزشی و آزمایشی را در تکرارهای مختلف نمایش می‌دهد. همان طور که از نمودار شکل ۳ مشخص است از تکرار ۱۰۰ به بعد تقریباً میزان خطا ثابت مانده است. میانگین خطای داده‌های آموزشی ۰/۰۹۳۹۳۷ و میانگین خطای داده‌های آزمایشی ۰/۱۸۸۶۵ می‌باشد (خطاها در حالت داده‌های نرمال محاسبه شده است).

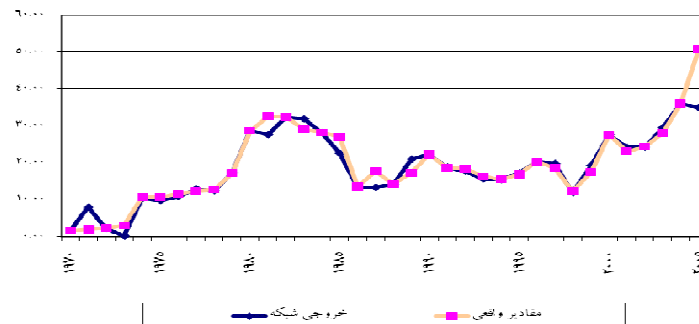


شکل ۳ نمودار میزان خطای داده‌ها در تکرارهای مختلف



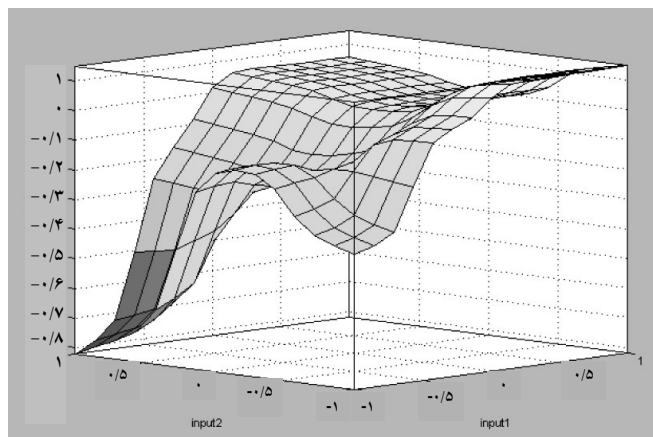
شکل ۴ نمودار مقایسه خروجی داده‌های آزمایشی با داده‌های واقعی

به این صورت توانسته‌ایم یک الگو را پیاده‌سازی کنیم که قابلیت یادگیری دارد و می‌تواند خطای خروجی‌ها را با استفاده از روش مجذور میانگین مربع خطا (RMSE) به دست آورد. این الگو قابلیت این را دارد که با دریافت متغیرهای ورودی مختلف، متغیر خروجی را پیش‌بینی کند.

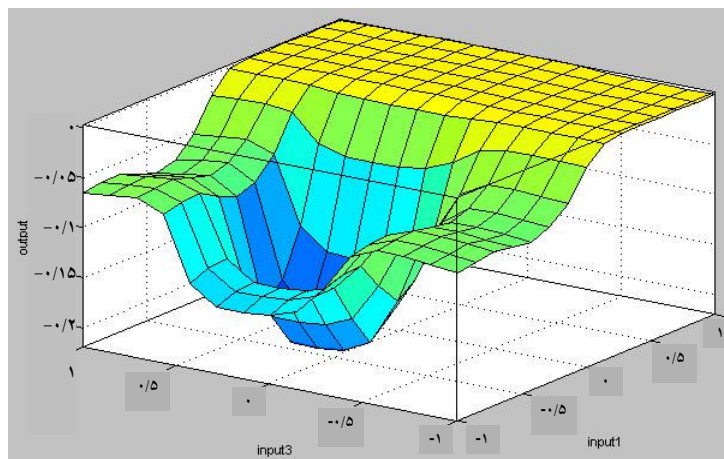


شکل ۶ نمودار مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر خروجی شبکه عصبی - فازی

به‌علاوه این الگو توان بررسی رابطه بین متغیرهای الگو را نیز داراست. نمودار شکل ۷ یکی از بررسی‌های رابطه سه‌گانه بین برخی متغیرهای نهایی الگو را نشان می‌دهد.



شکل ۷ نمودار رابطه ارزش صادرات نفت اوپک (ورودی ۱) و صادرات نفت خام اوپک (ورودی ۲) با قیمت نفت خام اوپک (خروجی)



شکل ۸ نمودار رابطه ارزش صادرات نفت اوپک (ورودی ۱) و صادرات نفت خام جهان (ورودی ۳) با قیمت نفت خام اوپک (خروجی)

۸- معیار عملکرد

پس از محاسبه خروجی هر یک از روش‌های پیش‌بینی لازم است که با استفاده از معیار و شاخصی میزان خطای هر یک از روش‌ها با هم مقایسه شود؛ زیرا به‌طور کلی اجماعی بر روی بهترین معیار عملکرد، جهت ارزیابی الگوی پیش‌بینی وجود ندارد و معمولاً پژوهشگران از سه یا چهار معیار کنار هم استفاده می‌کنند [۳۴، ص ۷]. مشاهده می‌شود که روش شبکه عصبی فازی نسبت به تمامی روش‌ها از خطای کمتری برخوردار است.

جدول ۲ معیار عملکرد انواع روش‌های پیش‌بینی

عنوان	میانگین	میانگین	نمو هموار	نمو هموار	روند خطی	روند نمایی	روند تابع	شبکه
MSE	۱۱۰/۷۱	۳۹/۱۴	۲۹/۰۰	۲۷/۸۴	۶۶/۷۲	۷۸/۸۲	۷۷/۶۵	۱۰/۷۰
RMSE	۱۰/۵۲	۶/۲۶	۵/۳۹	۵/۳۸	۸/۱۷	۸/۸۸	۸/۸۱	۳/۲۷
MAD	۷/۳۳	۴/۲۹	۳/۷۲	۳/۸۶	۶/۳۴	۶/۶۹	۶/۷۰	۱/۵۵
MAPE	٪۳۳	٪۲۲	٪۲۰	٪۲۱	٪۶۳	٪۵۳	٪۵۴	٪۱۶
R _۲	٪۷-	٪۶۲	٪۷۲	٪۷۳	٪۳۶	٪۲۴	٪۲۵	٪۹۰
NMSE	۱/۰۷	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۶۴	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۱۰

۹- نتیجه‌گیری

روش شبکه‌های عصبی فازی نسبت به سایر روش‌ها قدرت بالایی در شناخت روند موجود بر داده‌ها دارد و در تمامی روش‌های اندازه‌گیری خطا، نسبت به سایر روش‌ها خطای کمتری دارد. نتایج تحقیق بیانگر این است که روش شبکه عصبی فازی با توجه به میزان کم خطا دارای همگرایی سریع و توانایی تقریب بالایی است و برای پیش‌بینی قیمت نفت مناسب است. به‌علاوه با توجه به خطای هر یک از روش‌ها، نتایج نشان می‌دهد روش‌هایی که میانگین داده‌های قبلی به همراه یک یا دو ضریب تصحیح (آلفا و بتا) استفاده می‌شوند، نسبت به روش‌هایی که با استفاده از یک تابع خطی، نمایی یا ترکیبی و یک روند ثابت به پیش‌بینی می‌پردازند، نتایج بهتری ارائه می‌کنند. همچنین در بین روش‌های مختلف یادگیری شبکه‌های عصبی فازی، روش یادگیری پس انتشار خطا نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. این



موضوع در سایر تحقیقات مشابه نیز به اثبات رسیده است. در زمینه آماده‌سازی داده‌ها نیز نرمال‌سازی داده‌ها بین ۱ و ۱- باعث دستیابی به نتایج بهتری می‌شود. این کار باعث خطای کم‌تر و دستیابی به نتایج در زمان کم‌تری می‌شود. قابل ذکر است که در بین توابع مختلف که اغلب جهت پیش‌بینی در شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تابع سیگموئید نتایج بهتری را نسبت به سایر توابع ایجاد می‌کند.

در مورد تحقیقات آتی نیز پیشنهاد می‌شود با توجه به این‌که رویکرد شبکه‌های عصبی فازی روش قدرتمندی جهت تخمین و پیش‌بینی متغیرهای مختلف است می‌توان آن را در سایر مباحث مدیریت و پیش‌بینی به کار برد. به‌علاوه به کارگیری الگوریتم ژنتیک جهت بهبود وزن‌دهی‌ها و بهینه‌کردن ورودی‌ها به این صورت که با استفاده از الگوریتم ژنتیک وزن‌ها را انتخاب کرد، می‌تواند موضوع تحقیقات آینده قرار گیرد. همچنین با تغییر طول مدت زمان پیش‌بینی، تعداد متغیرهای استفاده شده جهت پیش‌بینی، تغییر داده‌های آموزشی و آزمایشی و افزایش میزان داده‌های مورد استفاده می‌توان به نتایج جدیدی دست پیدا کرد.

۱۰- منابع

- [۱] آذر ع.، مؤمنی م.؛ «آمار و کاربرد آن در مدیریت، تحلیل آماری»؛ ج ۲، تهران: انتشارات سمت، ص ۱۶۳، ۱۳۸۰.
- [۲] جعفرنژاد ا.؛ «مدیریت تولید و عملیات نوین»؛ تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.
- [3] OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) ;"Annual statistical bulletin 2005"; Ueberreuter Print & Digimedia, 2006.
- [۴] آذر ع.، افسر ا.؛ «مدلسازی پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی فازی»؛ مجله پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۰، پاییز ۱۳۸۵.
- [5] MakRadiks S.A. , Winkler A.;"Average of forecasts: Some empirical results"; *Management Science*, No. 29, 1986.
- [6] Alvaro V. A. ;"Hybrid linear-neural model for time series forecasting"; IEEE Transaction on Neural Network , Vol. 11, 2000.
- [7] Kwo R.J.;"A sales forecasting system based on fuzzy neural network with initial

- weight generated by genetic algorithm"; *European Journal of Operation Research*, 2001.
- [8] Fildes R., Stekler H. ; "The state of macroeconomics forecasting"; *Journal of Macroeconomics*, Vol. 24, 2002.
- [9] Gunaydin H., Dogan Murat, Zeyneo S. ; "Aneural network approach for early cost estimation of structural system for building"; *International Journal of Project Management*, No. 22, 2004.
- [10] Chang Li-Yen ; "Analysis of freeway accident frequency accident negative binomial regression versus artificial neural network"; *Safety Science*, No.43, 2005.
- [11] Tai-Yue W., Shin- Chien C. ; "Forecasting innovation performance via neural-network—a cascade of Taiwanese manufacturing"; *Industry Technovation*, No. 26, 2006.
- [12] Cheung O. S. , Fhek P.W., Fung S.Y, Peter Ada coffey W.V.;" Predicting project performance through neural network"; *International Journal of Project Management*, No. 24, 2006.
- [13] Malik F., Nasereddin M. ; "Forecasting output using oil prices: A cascaded artificial neural network approach"; *Journal Of Economics and Business*, No. 58, 2006.

[۱۴] آذر، ع.، رجب‌زاده ع.؛ «ارزیابی روش‌های پیش‌بینی ترکیبی: با رویکرد شبکه‌های عصبی - کلاسیک در حوزه اقتصاد»؛ *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۳، ۱۳۸۲.

[۱۵] اصفهانیان م.؛ ارائه یک مدل شبکه عصبی جهت پیش‌بینی قیمت نفت خام؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.

[۱۶] امین ناصری م. ر. و کوچک زاده، ا.؛ «مدل طراحی بهینه معماری برای شبکه‌های عصبی مصنوعی و به کارگیری آن در پیش‌بینی مصرف ماهانه نفت گاز کشور»؛ *فصلنامه پژوهش‌های مدیریت در ایران- مدرس علوم انسانی*، دوره ۱۲، پیاپی ۵۹، ۶۹-

۱۳۸۷، ۹۵



- [۱۷] منہاج، م.ب.، کاظمی، ع.، شکوری گنجوی، ح.، مهرگان، م. ر.، تقی‌زاده، م.ر.؛ «پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل با استفاده از شبکه‌های عصبی: مطالعه موری در ایران»؛ فصلنامه پژوهش‌های مدیریت در ایران- مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، پیاپی ۶۶، صص ۲۰۳-۲۲۰، ۱۳۸۹.
- [۱۸] مشیری س.؛ «پیش‌بینی تورم ایران با استفاده از مدل‌های ساختاری، سری‌های زمانی و شبکه‌های عصبی»؛ تحقیقات اقتصادی، شماره ۵۸، صص ۱۴۷-۱۸۴، ۱۳۸۰.
- [۱۹] آذر، ع.، افسرا. و احمدی، پ.؛ «مقایسه روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام و طراحی مدل ترکیبی»؛ فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۰، پیاپی ۴۹، صص ۱-۱۶، ۱۳۸۵.
- [۲۰] خالوزاده، ح.، خاکی صدیق، ع.؛ «ارزیابی روش‌های پیش‌بینی پذیری قیمت سهام و تعیین میزان قابلیت پیش‌بینی در بازار بورس تهران»؛ فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۷، پیاپی ۳۰، صص ۶۱-۸۷، ۱۳۸۲.
- [۲۱] محمدی، م.، امین ناصری م. ر.، آذر ع.؛ «الگوی انتخاب و به‌کارگیری نیروی انسانی در سازمانها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی»؛ فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۲۱، پیاپی ۳۶، صص ۱۳۵-۱۵۶، ۱۳۸۵.
- [۲۲] منہاج، م. ب.؛ «مبانی شبکه‌های عصبی»؛ تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ سوم، ص ۲۴، ۱۳۸۴.
- [23] Wong B. K., Jiang L. , Lam J. ; "Abibliography of neural network business application research: 1994-1998"; *Coputer and operation research*: 27(11): 1045-1047, 2000.
- [۲۴] کارتالوپس اس وی.؛ «منطق فازی و شبکه‌های عصبی»؛ ترجمه محمود جوراییان و رحمت‌الله هوشمند، اهواز: انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ دوم، ص ۸۶، ۱۳۸۲.
- [25] Le Cun Y. Une ; "Procedure d'apprentissage pour reseau a seuil assymetrique"; *Cognitive*, 85: 599-604, 1985.
- [۲۶] بختیاری م.، ماری م.؛ «کاربردهای MATLAB و simulink در مهندسی»؛ ترجمه وحید

صمدی بخارایی، تهران: انتشارات خراسان، چاپ دوم، ص ۶۸، ۱۳۸۵.

- [۲۷] آذر، ع.، فرجی ح.؛ « علم مدیریت فازی»؛ چاپ اول، تهران: انتشارات مهربان، ۱۳۸۶.
- [28] Kaastra I, Boyd M., "Designing a neural network for forecasting financial and economics time's series"; *Neurocomputing*, Vol. 10: 28 1996.
- [29] Atiya A. F. , El-Shoura S. M. , Shaheen S. I. , El-sherif M. S;" A comparison between neural net work forecasting techniques- case study: River flow forecasting"; *IEEE Transactions On Neural Networks*, Vol. 10, No. 2: 25, 1999.
- [30] Zhang G. , Hu M. Y. ;"Neural network forecasting of the British pound\US dollar exchange rate"; *Omega , The International Journal of Management Science*, Vol. 26, No. 4: 1, 1998.
- [31] Wilson I. D. , Paris S. D. , Ware J. A. ,Jenkins D. H. ;"Residential property price time series forecasting with neural networks" ;*Knowledge-Based System* , Vol.15: 7, 2002.
- [32] Qi M. , Zhang G. P. ;"An investigation of model selection criteria for neural network time series forecasting"; *European Journal of Operational Research*, Vol. 132: 2, 2001.
- [33] Zhang G. , Patuwo B. E. , Hu M. Y.;" Forecasting with artificial neural networks: The state of the art" ;*International Journal of Forecasting*, Vol. 14: 28, 1998.
- [34] Zhang P.; *Neural network in business forecasting* ; IRM Press: 7, 2004.