پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی فازی مبتنی برالگوریتم ژنتیک و مقایسه با شبکه عصبی فازی

احمد عاملی[1]، ملیحه رمضانی[2]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹٤/۰۹/۰۸

چکیده

در بازارهای سرمایه عامل‌های مختلفی در پیش بینی قیمت سهام موثر می باشد بنابراین سرمایه گذار جهت سرمایه گذاری سودآور با کمترین ریسک با چالش، تردید و خطا مواجه می باشد. در راستای کاهش هزینه و بالا بردن سود سرمایه گذاری، تعیین عاملهای تاثیر گذار و زمان مناسب جهت خرید و فروش از مهم ترین مسائلی است که هر سهام دار یا سرمایه گذار در بازار بورس بایستی به آن توجه ویژه داشته باشد. تاکنون روشهای مختلفی جهت نیل به این اهداف معرفی شده اند که اغلب روشهای آماری، هوشمند و ترکیبی هستند. الگوریتم پیشنهادی یک روش ترکیبی است که شامل دو بخش است بخش اول پیش پردازش و بخش دوم پیش بینی کننده است. در پیش پردازش سه فرآیند جاگذاری داده‌های غیر موجود، نرمالیزه کردن و انتخاب ویژگی به ترتیب انجام می شود. از آنجایی که تعداد ویژگی‌های بکار برده شده زیاد است از روش الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی و کاهش ابعاد فضای ویژگی استفاده شده است. در بخش پیش بینی کننده،

---

۱. استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه خوارزمی، (نویسنده مسئول) Email:ameli@ues.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستمهای اقتصادی اجتماعی، دانشگاه خوارزمی. Email:ramezani.maliheh@gmail.com

با توجه به قابلیت پیش بینی هوشمند شبکه عصبی - فازی، از این شبکه با دو ساختار ممدانی و سوگنو بعنوان پیش بینی کننده قیمت سهام بهره می‌بریم که قابلیت استخراج قواعد فازی بصورت خودکار دارد. آموزش پارامترهای مقدمه و نتیجه شبکه برپایه الگوریتم پس انتشار خطا (گرادیان نزولی) می‌باشد.

الگوریتم پیشنهادی با استفاده از داده های ۱۰ شرکت که هر کدام از آنها دارای ۷ ویژگی می‌باشند، ارزیابی شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که با توجه به نوع شرکتها، ویژگیهای انتخابی و نوع ساختار شبکه عصبی فازی ترکیبی نتایج متفاوتی بدست می آید. با توجه به معیارهای مورد ارزیابی، نتایج به دست آمده برتری شبکه عصبی فازی ترکیبی را به شبکه عصبی فازی ساده نشان می دهد، اما بطور کلی پیش بینی‌کننده با ساختار سوگنو با الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری نسبت به ساختار ممدانی دارد، چون تعداد پارامترهای آموزش ساختار سوگنو بیشتر است.

طبقه بندی JEL: G17:G23:C61

واژگان کلیدی: شبکه عصبی فازی، الگوریتم ژنتیک، انتخاب ویژگی، پیش‌بینی قیمت سهام

۱. مقدمه

ضرورت سرمایه گذاری برای رشد و توسعه اقتصادی هر کشور انکار ناپذیر است. برای فراهم ساختن وجوه مورد نیاز، منابعی برای تأمین سرمایه لازم خواهد بود. بهترین منبع برای تأمین سرمایه، پس اندازهای مردم است. هدایت صحیح و درست وجوه سرگردان به سمت سرمایه گذاریهای مولد،افزایش تولیدات و رشد ناخالص ملی،ایجاد اشتغال و افزایش درآمد سرانه و نهایتاً رفاه عمومی را در پی خواهد داشت .پس باید یک ساز و کار قوی، این پس اندازها را به سوی بخش های تولیدی سوق دهد و نیاز مالی آنها را فراهم کند . در این فرآیند، بورس اوراق بهادار می تواند سهم عمده ای داشته باشد چرا که سرمایه های مردم را به سمت تولید سوق داده و از طریق شرکت های کارگزاری به مؤسسات تولیدی و بازرگانی می سپارد . از لحاظ عرضه سرمایه نیز سرمایه گذاران باید بکوشند پس اندازهای خود را در جایی سرمایه گذاری کنند که بیشترین بازده را داشته باشد.

سرمایه گذاران با سرمایه گذاری در بورس انتظار دستیابی به سود مورد انتظار خود را دارند، بدین صورت که با خرید یک سهم به قیمت پایین و فروش آن به قیمت بالاتر به دنبال به دست آوردن سود هستند که برای این امر نیاز به پیش بینی قیمت سهام دارند و پیش بینی قیمت سهام یکی از ابزارهای مهم جهت سرمایه گذاری شده است. لازمه ی به دست آوردن سود داشتن اطلاعات درست از بازار بورس، تغییرات قیمت سهام و فاکتورهای تاثیر گذار است. شناسایی عوامل تاثیر گذار و میزان اثر گذاری آنها بر بازار بورس توسط کارشناسان نیازمند دانش و تحلیل های فنی قوی است که به راحتی امکان پذیر نیست. بنابراین، پیش بینی قیمت سهام که یک فرایند در طول زمان (سری زمانی) است بدلیل در اختیار نبودن دانش همه فاکتورها و میزان اثرگذاری آنها با روشهای سنتی همراه با خطا است. پس پیش بینی قیمت سهام یک امر مهمی است که در آن سرمایه گذار نیازمند ابزارهای قدرتمند و قابل اعتماد است تا از طریق آن به پیش بینی قیمت سهام بپردازد. از آنجایی که بازار سهام دارای سیستمی غیر خطی و آشوب گونه است و تحت تأثیر شرایط سیاسی، اقتصادی و رفتاری سرمایه گذاران می باشد، تاکنون روشهای مختلفی

جهت پیش بینی قیمت سهام استفاده شده است که این روشها بطور کلی آماری یا هوشمند هستند. پس از بررسی و مطالعه روشهای بکار گرفته شده در پیش بینی قیمت سهام که یک سیستم غیر خطی است، روشهای هوشمند عملکرد بهتری نسبت به روشهای آماری در پیش بینی سیستمهای غیر خطی دارند. روشهای هوشمند اغلب مبتنی بر آموزش هستند و دارای پارامترهایی هستند که در فرآیند یادگیری بایستی تنظیم شوند. از بین روشهای هوشمند می توان شبکه های عصبی یا عصبی فازی نام برد. در این گونه شبکه‌ها با افزایش تعداد ورودیها (ویژگیها) تعداد پارامترهای آموزش بصورت نمایی افزایش می یابد. بنابراین کاهش ویژگی یک امر مهم در این گونه شبکه هاست. جهت کاهش ویژگی و هزینه محاسباتی روشهای مختلفی ارایه شده اند. از روشهای انتخاب ویژگی می‌توان روشهای تکاملی مثل الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع پرندگان نام برد. الگوریتم پیشنهادی شامل دو بخش است: بخش اول انتخاب پیش پردازش و بخش دوم پردازش. بخش پیش پردازش شامل جاگذاری داده های غیر موجود، نرمالیزه کردن و انتخاب ویژگی است و بخش پردازش همان روش هوشمند شبکه عصبی فازی است که در آن از دو ساختار ممدانی و سوگنو بعنوان پیش بینی کننده استفاده شده است.

جهت ارزیابی الگوریتم پیشنهادی از داده های زمانی ۱۰ شرکت سیمان تهران، فولاد مبارکه، بانک پارسیان، ایران خودرو،نیرو محرکه، شهد ایران، نفت پارس، انبوه سازی، موتوژن و سرمایه گذاری استفاده شده است که از طریق نرم افزار ره آورد نوین نمونه گیری انجام شده است. از بین شرکتهای انتخابی، ۵ شرکت اول جزء ۵۰ شرکت برتر بورس بوده و شرکت ها نیز از گروه های متنوعی می باشند. در این پایگاه داده برای هر شرکت ۷ ویژگی تاثیر گذار در نظر گرفته شده است.

در این مقاله ابتدا به بررسی ساختار پیش بینی کننده یعنی شبکه عصبی- فازی و نحوه یادگیری آن پرداخته شده است سپس در مورد پیشینه تحقیق و روشهایی که تاکنون استفاده شده اند به اختصار توضیح داده خواهد شد. در ادامه به تشریح الگوریتم پیشنهادی پرداخته شده که شامل دو بخش است: پیش‌پردازش و پردازش. در نهایت بررسی نتایج

شبیه سازی بصورت نمودار و جدول آمده است که نشان دهنده عملکرد بهتر روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روشهای مشابه است.

۲. مبانی نظری

در این بخش به طور خلاصه به معرفی شبکه های عصبی و فازی پرداخته و در ادامه ساختار ترکیبی عصبی فازی بررسی می شود.

الف. شبکه عصبی فازی

در دیدگاه شبکه عصبی، سعی در الگوبرداری از نحوه‌ی عملکرد سیستم عصبی و مغز انسان شده است. این شیوه با تکیه بر قابلیت یادگیری و توانایی پردازش موازی در شبکه‌های عصبی طبیعی قادر به حل مسایل پیچیده می‌باشد [۱۲و۷].

توانایی شبکه‌های عصبی با کاربرد در مسایل مختلف پردازش سیگنال، الگوشناسی، مدلسازی، شناسایی، پیش‌بینی، کنترل و بهینه‌سازی در چند دهه اخیر تایید شده است و امروزه این ساختارها با توجه به قابلیت یادگیری‌شان بعنوان یکی از روشهای متداول غیر وابسته به مدل مطرح، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در سیستمهای فازی، نحوه‌ی تصمیم‌گیری تقریبی بر پایه تجربه فردی یا گروهی انسان بنا شده‌اند. در این سیستم‌ها به مدلسازی کمیتها به صورت کیفی و شهودی پرداخته (بجای استفاده از مقادیر کمی) و به این ترتیب در مواجهه با نامعینی‌ها تلاش می‌کنیم [۱۸].

از مزایای بزرگ سیستم‌های فازی، سادگی و قابلیت فهم آنها می‌باشد که استفاده و درک آنها را بسیار ساده می‌کند. قابلیت استنتاج تقریبی و دقت قابل تنظیم در برخورد با مسایل از دیگر مزایای این سیستم‌ها می‌باشد اما متاسفانه این سیستم‌ها دارای قابلیت یادگیری نمی‌باشند و در مواجهه با سیستم‌های پیچیده، مشکل تنظیم کردن زمانبر و طاقت‌فرسای توابع عضویت و قوانین لازم را دارند. اگرچه که توانایی سیستم‌های فازی نیز در حل مسایل پیچیدهٔ مدل‌سازی و پیش‌بینی، کنترل و هوش مصنوعی مورد تایید قرار

گرفته است [۱۸]. اما با توجه به قابلیت‌های مکمل[1] (و نه رقابتی)[2] این دو راهکار، با ترکیب آنها می‌توان تواما از مزایایشان استفاده کرد. توسعه سیستم‌های فازی–عصبی گامی در همین راستا می‌باشد که با ترکیب این دو روش از قابلیت یادگیری و پردازش موازی شبکه‌های عصبی و استنتاج تقریبی فازی استفاده می‌کند و ماحصل آن یک سیستم هوشمند است که در برخورد با یک سیستم، بدون در دست داشتن معادلات دیفرانسیل حاکم و با داشتن حداقل امکانات ممکن (مثلا داشتن توصیف تقریبی و زبانی و یا داشتن مقادیری خاص از یک متغیر) توانایی تجهیز و تحلیل دارد و قابلیت تطبیق‌پذیری آن مشکل ما را در مواجهه با سیستم‌های تغییرپذیر حل می‌نماید.

در این مطالعه نیز از شبکه عصبی- فازی با دو ساختار ممدانی و سوگنو برای پیش بینی قیمت سهام بهره می‌بریم. در ادامه به بررسی ساختار عصبی فازی می پردازیم.

ب. ساختار شبکه‌های عصبی-فازی

جهت پیاده‌سازی عصبی یک سیستم فازی، ابتدا یک نرون عمومی را تعریف می‌کنیم . رابطه ورودی و خروجی این نرون بصورت زیر می‌باشد:

$$o_i^k = a\left(f\left(u_1^k, u_2^k, ..., u_n^k, w_1^k, w_2^k, ..., w_n^k\right)\right) \qquad (۱)$$

f تابع مرکزی نرون و a تابع فعالیت نرون، u_i^k ، ورودی i–ام نرون لایه k–ام، w_i^k ، وزن i–ام (مربوط به ورودی i–ام) لایه k–ام و o_i^k ، خروجی نرون i–ام در لایه k–ام است.این شبکه ۵ لایه دارد که به ترتیب لایه اول ورودی است، که وزنهای نرون‌ها در این لایه همگی ثابت و برابر واحد در نظر گرفته می‌شوند .بنابراین در این لایه داریم:

$$f = u_i^1 \quad , \quad a = kf \qquad (۲)$$

که k همان ضریب تغییر مقیاس ورودی است.

1. Complementary
2. Competitive

لایه دوم، لایه فازی ساز است که از تابع عضویت مشتق‌پذیر گوسین بصورت زیر استفاده می‌کنیم.

$$f=-\frac{\left(u_i^2-m_{ij}\right)}{\sigma_{ij}} \quad , \quad a=e^{f^2} \tag{۳}$$

m_{ij} و σ_{ij} به ترتیب، مرکز (میانگین) و پهنای (انحراف استاندارد) توابع گوسی مورد نظر مربوط به مجموعه فازی i–ام می‌باشند .با تنظیم آنها (در فرآیند یادگیری) توابع عضویت ورودی را تنظیم می‌کنیم.

لایه سوم لایه استنتاج فازی است، که در آن به ازای هر قاعده یک نرون ضربی داریم . در این لایه قواعد فازی بدست می‌آیند:

$$f=u_1^3\times u_2^3\times\ldots\times u_m^3 \quad , \quad a=f \tag{۴}$$

در لایه چهارم قواعد فازی بدست آمده در لایه قبل نرمالیزه می‌شوند:

$$f_i=u_i^4 \qquad , \qquad y_i=a_i=\frac{f_i}{\sum_{i=1}^{m}u_i^4} \tag{۵}$$

در لایه پنجم که خروجی شبکه عصبی فازی بدست می‌آید که می‌تواند برای سایر تصمیم‌گیریها از آن استفاده شود در بعضی مقالات از روش فوق به عنوان غیرفازی‌سازی غیر خطی یاد می‌گردد و در مقابل از لفظ غیرفازی‌ساز خطی استفاده می‌شود که اگر برای غیرفازی‌سازی، میانگین مراکز انتخاب گردد، توابع مربوط به این لایه به صورت زیر تعریف می‌گردند [۱۴ و ۸].

$$f=\sum_{i=1}^{m}w_i^5\cdot u_i^5 \quad , \quad y=a=f \tag{۶}$$

که در واقع $u_i^4=o_i^4$ و w_i^4ها مرکز مجموعه فازی i–ام خروجی و 12 تعداد مجموعه‌های فازی خروجی است.

اصولا قوانین فازی نوع سوگنو [۱۸]، دارای ساختار ساده‌تر و استنتاج از آنها آسان‌تر صورت می‌گیرد .بعلاوه اینکه طراحی و تحلیل پایداری این نوع سیستم‌ها بصورت منظم و

رسمی، راحت‌تر قابل پیگیری و توسعه می‌باشد .شبکه عصبی -فازی سوگنو نیز در حالت کلی یک ساختار پنج لایه می‌باشد که لایه‌های اول تا سوم آن کاملا مشابه شبکه عصبی - فازی ممدانی است، تفاوت آنها فقط در لایه چهارم و پنجم است به این ترتیب که در این لایه قوانین فازی سوگنو تحقق می‌یابد و ضمنا عمل غیرفازی کردن نیز صورت می‌گیرد:

$$y = a = \frac{f}{\sum_{i=1}^{m} u_i^4}\ ,\ f = \sum_{i=1}^{m} u_i^4 \left(a_i x_1 + b_i x_2 + c_i\right) \qquad (۷)$$

در رابطه (۷) x_1 و x_2 ورودیهای سیستم عصبی-فازی هستند (که تعدادشان می‌تواند بیش از دو باشد) و کمیتهایی غیرفازی بوده و α_i ، b_i و c_i پارامترهای تالی قوانین هستند که باید توسط شخص خبره و یا بوسیله یادگیری تنظیم شوند .در بعضی مقالات، پارامترهای قسمت تالی را پارامترهای خطی و از پارامترهای قسمت مقدم به عنوان پارامترهای غیرخطی یاد می‌کنند. در آموزش، از روش‌های مختلط می توان استفاده کرد، مثلاً با فرض ثابت بودن پارامترهای مقدم، پارامترهای تالی را با روش حداقل مربعات خطا (LMS) تصحیح کرده و سپس پارامترهای مقدم را از روش پس انتشار خطا آموزش داد. در اینجا پارامترهای هر دو بخش مقدمه و تالی با روش گرادیان نزولی آموزش می‌دهیم و در هر دوره از آموزش به ازای هر نمونه بهنگام می‌شود.

۳. پیشینه تحقیق

تاکنون روشهای زیادی جهت پیش بینی قیمت سهام در ایران و کشورهای خارجی استفاده شده است که این روشها اغلب آماری، هوشمند و ترکیبی هستند. در این بخش به بررسی این روشها در داخل و خارج کشور پرداخته می‌شود.

الف. روش‌های بکار گرفته شده جهت پیش بینی شاخص بورس و قیمت سهام شرکت‌های خارج کشور

در این زیر بخش به بررسی چند مقاله که با بکارگیری روشهای پیش بینی مختلف به پیش بینی شاخص بورسهای خارج کشور پرداخته اند، می پردازیم.

هداوندی و همکاران (۲۰۱۰) قیمت سهام را بعنوان یک سری زمانی در نظر گرفته و با استفاده از سیستم فازی مبتنی بر ژنتیک (GFS[1]) یک مدل ترکیبی ارایه کردند که از آن برای پیش بینی قیمت سهام شرکت IBM استفاده شده است. در این مدل از الگوریتم[2] ژنتیک جهت کد بندی متغیرهای زبانی و استخراج قواعد داده و از معیار MAPE[3] جهت ارزیابی استفاده شده است. نتایج نشانگر عملکرد بهتر روش ترکیبی است [۹].

سو[4] و همکاران در (۲۰۱۱) یک روش سیستماتیک برپایه پس انتشار خطای شبکه عصبی و یک تکنیک انتخاب ویژگی جهت پیش بینی شاخص بورس تایوان کرده اند. نتایج نشان می دهد روش پیشنهادی با انتخاب ویژگی نسبت به پس انتشار خطای ساده عملکرد بهتری دارد [۱۰].

کتو[5] و همکاران (۲۰۱۲)، از شبکه عصبی فازی ترکیبی جهت پیش بینی قیمت سهام ۴ شرکت BSE-SENSEX، FTSE 100، NASDAQ 100 و NIKKEI 225 استفاده کردند. در این مقاله یک سیستم پیش بینی عصبی فازی ترکیبی تطبیقی با درخت تصمیم گیری خودکار استفاده شده است. در سیستم پیشنهادی از تحلیل تکنیکال جهت استخراج ویژگی و از درخت تصمیم گیری برای انتخاب ویژگی استفاده شده است. مجموعه ویژگی انتخابی را به شبکه عصبی فازی اعمال می کند و نتایج بدست آمده در مقایسه با روشهایی که از روشهای انتخاب ویژگی و کاهش ویژگی بهره نمی برند بهتر است [۱۳].

لین[6] و همکاران (۲۰۱۳) از یک روش ترکیبی برپایه SVM[7] جهت پیش بینی روند بازار بورس تایوان استفاده کرده اند که از دو بخش تشکیل شده است: انتخاب ویژگی و مدل پیش بینی. در بخش انتخاب ویژگی یک فیلتر SVM برپایه همبستگی جهت مرتب کردن و انتخاب زیر مجموعه خوب از شاخصهای مالی استفاده شده است. در بخش مدل

1. Genetic Fuzzy System
2. Genetic Algorithm
3. Mean absolute percentage error
4. Hsu
5. Kato
6. LiN
7 .Support Vector Machine (SVM)

پیش بینی از SVM خطی-کواسی جهت پیش بینی جهت روند حرکت بازار بورس برحسب داده های سری استفاده شده است بطوریکه زیرمجموعه انتخابی از شاخصهای مالی بصورت ورودیهای وزن دار استفاده می کند. SVM خطی-کواسی یک SVM با تابع کرنل خطی – کواسی ترکیبی است. که در آن یک مرز جدا سازی غیر خطی توسط کلاسیفایرهای خطی محلی چندگانه تقریب زده می شود [۱۵].

ناین[1] و همکاران در (۲۰۱۳) یک روش ترکیبی جهت پیش بینی قیمت سهام Wal-Mart از بازار بورس آمریکا معرفی کرده اند که متشکل از دو مولفه شبکه عصبی و سیستم منطق فازی است. اولین مولفه این ترکیب، شبکه عصبی پیشخور (FFNN[2]) است که برای انتخاب ورودی هایی که ارتباط قوی با متغیرهای وابسته دارند استفاده می شود. یک سیستم فاصله ای منطق فازی نوع ۲ (IT2FLS[3]) بعنوان مولفه دوم روش پیش بینی ترکیبی استفاده شده است. پارامترهای IT2FLS از طریق بکارگیری روش خوشه بندی k-means مقدار دهی اولیه می شود و سپس توسط الگوریتم ژنتیک تنظیم می شود. نتایج تجربی نشان می دهد که در توصیف کارایی FFNN با انتخاب ویژگی پیچیدگی آن کاهش می یابد و دقت پیش بینی افزایش می یابد. بعلاوه IT2FLS عملکرد بالاتری نسبت به FLS نوع یک و FFNN دارد[۱۶].

ب. روش‌های بکار گرفته شده جهت پیش بینی شاخص بورس و قیمت سهام شرکت‌های داخل کشور

در این زیر بخش به بررسی چند مقاله که با بکارگیری روشهای پیش بینی مختلف به پیش بینی شاخص بورسهای داخل کشور پرداخته اند، می پردازیم.

هیبتی و همکاران (۱۳۸۸)، پیش بینی شاخص بورس سهام تهران با استفاده از مدل سازی شبکه عصبی و شبکه عصبی فازی انجام داده اند. پس از آموزش شبکه ها نتایج نشان دهنده آن است که با استفاده از شبکه فازی عصبی که یک روش ترکیبی است بازار سهام ایران با تقریب ۹۸ درصد قابلیت پیش بینی دارد[۵].

1. Nguyen
2. Feed Forward Neural Network
3. Interval Type-2 Fuzzy Logic System

منجمی و همکاران (۱۳۸۸) به پیش بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه ی عصبی فازی و الگوریتم های ژنتیکی و مقایسه ی آن با شبکه های عصبی مصنوعی پرداخته اند. پس از طراحی وپیاده سازی مدل شبکه های عصبی فازی و الگوریتمهای ژنتیک، با استفاده از چهار معیارسنجش خطا دو مدل مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد که مدل ترکیبی شبکه عصبی فازی و الگوریتمهای ژنتیک پیش بینی های بسیار مناسبتری نسبت به شبکه ی عصبی مصنوعی داشته است و از سرعت بالاتر و توانایی تقریب قویتری برای پیش بینی قیمت سهام برخوردار بوده است[۳].

حاتمی و همکاران(۱۳۸۸) با ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی مدلی برای پیش بینی رفتار قیمت سهام شرکت سیمان شرق ارائه کرده اند. این مدل ترکیبی به صورت ساختار دو طبقه می باشد که طبقه اول مسئول پیش بینی روزانه داده ها با ویژگی مختلف یک سهام می باشند و در طبقه دوم شبکه دیگر به عنوان ترکیب کننده پیش بینی نهایی را با بررسی و آنالیز اطلاعات طبقه اول انجام می دهد. نتیجه ی تجربی بر روی یکی از مجموعه داده های بورس ایران که برتری و کارایی مدل پیشنهادی را در مقایسه با مدل های خطی نشان می دهد انجام شده است [۲].

امامی و همکاران (۱۳۸۸) پس از بررسی پیش بینی پذیری و وجود روند غیرخطی در داده های روزانه سهام بازار اوراق بهادار تهران از مدلهای شبکه عصبی مصنوعی وAR و GARCHاستفاده کرده سپس، نتایج به دست آمده را با معیار های ارزشیابی مقایسه کرده و در انتها به این نتیجه دست یافته است که مدل های شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدلهای دیگر توان بالای پیش بینی را دارد [۱].

پایانی سهام در شرکت فرآورده های نفتی پارس با به کارگیری داده های روزانه از طریق دو روش شبکه عصبی مصنوعی و ARIMA انجام داده اند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که مدل شبکه عصبی دارای خطای کمتر، قدرت توضیح دهندگی بالاتر و در نتیجه پیش بینی بهتری نسبت به روش رگرسیونی دارد [۴].

بطور کلی در اغلب مطالعات از روشهای ترکیبی که ترکیبی از روشهای آماری و هوشمند است جهت پیش بینی قیمت سهام استفاده شده است که عملکرد بهتری نسبت به سایر روشها وجود دارد.

٤. مدل تحقیق و روش برآورد

الگوریتم پیشنهادی شامل دو بخش است: پیش پردازش و پردازش، که در ادامه به تشریح کامل آن می پردازیم.

الف. پیش‌پردازش

در این مرحله سه کار انجام شده است: جاگذاری داده‌های غیر موجود، نرمالیزه کردن و انتخاب ویژگی.

این مراحل در بخشهای زیر توضیح داده شده است.

الف-۱. جاگذاری داده‌های غیر موجود

در بیشتر موارد کم بودن نمونه‌های داده‌های موجود یک مزیت[1] است اما در مورد داده‌های بورس هیچ اطلاعاتی نباید حذف شود. کوچکترین اطلاعات می‌تواند کمک زیادی در پیش بینی داشته باشد. بنابراین یک مسئله‌ای که معمولا در کاربردهای واقعی برخورد می‌کنیم مسئله داده‌های مفقود شده است. این بدان معناست که در بعضی از بردارهای ویژگی تمام مولفه‌های آنها را نمی‌دانیم. این می‌تواند ناشی از خطای دستگاه اندازه‌گیری باشد و یا ناشی از خطای ثبت کردن باشد. در اینجا برای حل این مشکل برای هر ویژگی میانگین نمونه های موجود را متوسط گیری می کنیم و درون جاهای خالی قرار می دهیم.

الف-۲. نرمالیزه کردن داده‌ها

ویژگیهای با مقادیر بزرگ ممکن است تاثیر بزرگتری نسبت به ویژگیهای با مقادیر کوچک بر تابع هزینه داشته باشند، در صورتی که این لزوما معنی نسبی ویژگیها را در

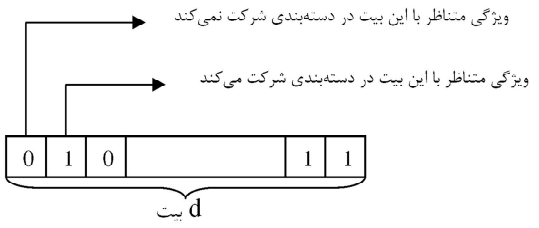
1. Luxury

طراحی پیش بینی کننده منعکس نمی‌کند. این مشکل با نرمالیزه کردن ویژگیها بطوریکه مقادیر آنها درون محدوده های مشابه قرار گیرد، مرتفع می‌شود. برای اینکه ویژگیها در یک محدوده قرارگیرند با استفاده از یک رابطه خطی داده‌ها را در فاصله صفر و یک قرار می‌دهیم بطوریکه بزرگترین مقدار عدد یک و کوچکترین مقدار عدد صفر را اختیار می‌کند.

الف-۳. انتخاب ویژگی

در شبکه‌های فازی اگر تعداد ویژگیها N باشد و تعداد توابع عضویت در نظر گرفته شده M باشد تعداد قواعد برابر است با . M^N بنابراین تعداد پارامترهای قسمت تالی بصورت نمایی افزایش می‌یابد. بدون در نظر گرفتن قواعدی که در چگونگی پیاده سازی پیش بینی کننده بکار گرفته می‌شوند، انتخاب ویژگی و اندازه‌گیری ویژگی و قرار دادن آن در بردار ویژگی، تاثیر عمیقی بر دقت پیش بینی کننده دارد.[۱۷ و۹].. لذا در اینجا از روشهای مبتنی بر جمعیت مثل آلگوریتم ژنتیک با کروموزم باینری استفاده می‌کنیم که با جستجو در فضای ویژگی بهترین زیرمجموعه‌ای که دارای ویژگی کمتر و قدرت دسته‌بندی بالایی می‌باشد، انتخاب می‌شود، طول هر کروموزم با تعداد ویژگیهای (d) داده برابر است، که در آن عدد صفر بیانگر حذف ویژگی و یک بیانگر وجود ویژگی در پیش بینی است .با ضرب کردن ماتریس ورودی در هر کدام از این کروموزمها، زیرمجموعه جدیدی از ویژگیها خواهیم داشت .در اینجا پیش بینی کننده با هر زیرمجموعه از ویژگیها ۵۰ بار آموزش می‌بیند.

شکل ۱. بردار باینری d بعدی که شامل یک کروموزم از جمعیت GA است که برای انتخاب ویژگی بر پایه GA استفاده می‌شود



معیار ارزیابی هر کروموزم شامل دو بخش است، یکی دقت دسته‌بندی کننده و دیگری تعداد صفرهای هر کروموزم است که با ضریب α تاثیر تعداد ویژگیهای کمتر در دقت کل تغییر می‌دهیم .

$$total\ accuracy = classification\ accuracy + \alpha \cdot (number\ of\ zeros) \quad (۸)$$

ب. پیش بینی‌کننده

بخش اصلی آلگوریتم پیشنهادی، پیش بینی کننده آن است که جهت پیش بینی قیمت سهام استفاده شده است. روش پیشنهادی شبکه عصبی فازی است که در بخش قبل به توصیف کامل آن پرداخته شده است در این قسمت به یک سری از ملاحظاتی می‌پردازیم که در طراحی پیش بینی کننده در حین شبیه‌سازی بایستی در نظر گرفت.

ب-۱. تعیین پارامترهای مقدمه و نتیجه

پس از انتخاب بردار ویژگی، قبل از آنکه ویژگی جدید وارد پیش بینی کننده شود بایستی تعداد ویژگیها جهت تعیین تعداد پارامترها چک شود، تا متناسب با آن ساختار شبکه تعیین گردد. در این تحقیق 3 تابع عضویت برای هر ویژگی در نظر گرفته شده است. از آنجایی که نوع تابع عضویت در نظر گرفته شده از نوع گوسی می‌باشد، بنابراین به ازای هر تابع عضویت دو پارامتر میانگین و واریانس وجود دارد که بایستی تعیین گردند. بنابراین تعداد پارامترهای قسمت مقدمه پیش بینی کننده برابر با تعداد کل واریانسها و میانگینها می‌باشد. با مشخص شدن تعداد پارامترها، یک شبکه عصبی-فازی متناسب با تعداد ورودیها ساخته می‌شود. تعیین صحیح شرایط اولیه در مقدار دهی اولیه این پارامترها خیلی مهم است. اگر مراکز و میانگین مورد نیاز توابع عضویت دقیق باشند، باعث همگرایی سریع در رسیدن به جواب مطلوب و خطای کمتر حاصل می‌شود، که در اینجا مقدار دهی اولیه به صورت تصادفی تعیین می‌گردد.

پارامتر موجود در قسمت نتیجه که w نـام دارد در ابتـدا بصـورت تصـادفی بـین صـفر و یک تعیین می‌گردند. پس از تعیین پارامترها، دسته‌بنـدی کننـده آمـاده آمـوزش اسـت و در حین آموزش پارامترهای مورد نظر تغییر می‌کنند تا خطای پیش بینـی را کـم کننـد. پـارامتر دیگری بنام نرخ آموزش وجود دارد که بصورت جداگانه به قسمت نتیجـه و مقدمـه اعمـال می‌شود. این پارامتر توسط کاربر تعیین می‌گردد و معمـولا بـین صـفر و یـک اسـت کـه در اینجا مقدار متفاوتی برای قسمت مقدمه و نتیجه در نظر گرفته شده است.

۵. داده‌ها و نتایج تجربی

در این پژوهش ، بعد از بررسی های فراوان برای شناسایی متغیر هـا، ۷ متغیـر تأثیرگـذار بر قیمت سهام در دو گروه به شرح زیر دسته بندی شده اند [۳و۴]:

متغیرهای فنی: بالاترین قیمت سهام، پـایین تـرین قیمـت سـهام، حجـم معاملـه، شـاخص قیمت سهام بورس

متغیرهای اقتصادی: نرخ ارز، قیمت هر اونس طلا، قیمت نفت در سبد اوپک

داده های این پژوهش از نرم افزار ره آورد نوین به صورت روزانه و برای ۱۰ شرکت از سال های ۲۰۰۸-۲۰۱۲ استخراج شده است. ورودیهای هر کدام از شرکتها به طور متوسط شامل ۱۰۰۰ داده هستند که ۹۰ درصد از آنها به عنوان داده های آموزش و مابقی داده ها، داده های تست در نظر گرفته شده اند.

۵-۱. معیارهای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی

بـرای نشـان دادن عملکـرد و چگـونگی یـادگیری در شـبکه هـای مبتنـی برآمـوزش، از معیارهای مختلفی استفاده می‌شود. برای مسائل پیش بینی، اغلـب از معیـار میـانگین مربعـات خطا استفاده می شود ولی در مقاله جهت بررسی دقیق تر از معیارهای دیگـری هـم اسـتفاده شده است که در جدول (۱) آمده است. این معیارها به طـور عمـده مربـوط بـه خطـای بـین خروجیهای پیش بینی شده و خروجی مطلوب واقعی است.

جدول۱. معیارهای ارزیابی

میانگین مربعات خطا	MSE[1]
مجذور میانگین مربعات خطا	MRE[2]
میانگین مربعات خطای نرمالیزه شده	NMSE[3]
میانگین قدر مطلق درصد خطا	MAPE[4]
ضریب تعیین	R2[5]

۵-۲. نحوه بکارگیری شبکه عصبی- فازی

در این قسمت با توجه به اینکه شبکه عصبی فازی دارای دو ساختار ممدانی و سوگنو می باشد شبیه سازی را در دو بخش انجام می دهیم یکی با ساختار ممدانی و دیگری با ساختار سوگنو. در هر دو ساختار ابتدا با الگوریتم ژنتیک برای هر شرکت بطور جداگانه ویژگیهای برتر را انتخاب می کنیم و سپس جهت ارزیابی بهتر همه ویژگیها هم به شبکه مورد نظر اعمال می کنیم که در الگوریتم انتخاب ویژگی دخالت ندارد. نتایج عددی برای هر ساختار و شرکت در جدول آمده است. از آنجا که نمایش نمودارهای مربوط به شرکتها مشابه هم می باشد، بعنوان نمونه نمودارهای یک شرکت را در هر بخش نمایش می دهیم. لازم به ذکر است که تعداد ویژگیهای انتخابی برای هر شرکت ۲، ۳ و ۴ می باشد.

هنگامی که از الگوریتم انتخاب ویژگی ژنتیک برای انتخاب ویژگی بکار می رود، با قرار دادن یک سری محدودیت بهترین زیرمجموعه از ویژگیها که دارای دقت بالاتر و کمترین تعداد ویژگی هستند را انتخاب می شود. در این مقاله جمعیت اولیه کروموزمها ۲۰ انتخاب شده است و در هر نسل ۴۰ کروموزم با جهش و برش کرموزمهای انتخابی، تولید می‌شوند. لازم به ذکر است که طول کروموزمهای باینری با تعداد ویژگیها (تعداد ویژگیها

1. Mean Squared Error
2. Root Mean Square Error
3. Normalized Mean Square Error
4. Mean Absolute Percentage Error
5. The Coefficient of Determination

۷ می باشد) برابر می‌باشد. در مرحله انتخاب ویژگی پس از اعمال هر کروموزم به بردار ویژگیها، زیرمجموعه‌ای از ویژگیها انتخاب می‌شود و برای ارزیابی دقت کروموزم در انتخاب ویژگیها، شبکه را ۵۰ دوره با ویژگیهای انتخابی آموزش می‌دهیم. تعداد تکرار آموزش بعد از انتخاب ویژگی ۱۰۰ دوره می‌باشد. اگر تعداد تکرار را بیشتر از ۱۰۰ در نظر بگیریم شبکه بیش از حد آموزش می بیند و شبکه روی نمونه های آموزش fit می شود و نتایج بدست آمده برای نمونه های تست مناسب نمی باشد و دقت تست کمتر می شود. ساختار شبکه نیز با توجه به تعداد ورودی‌ها متغیر است. بنابراین با توجه به نوع ساختار عصبی فازی در دو بخش نتایج شبیه سازی را می آوریم.

الف. شبکه عصبی-فازی با ساختار ممدانی

نتایج شبیه سازی برای ۱۰ شرکت و با معیارهایی که قبلا به آن اشاره شده است در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. مقادیر ارزیابی عملکرد شبکه ی عصبی فازی ممدانی

نام شرکت	ویژگیهای انتخابی	MSE	RMSE	NMSE	MAPE	R^2
انبوه سازی	کمترین قیمت سهام،قیمت طلا	۰/۰۰۲۳	۰/۲۰۰۰	۰/۰۴۸۲	۰/۰۰۰۴	۰/۹۷۴۱
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۰۳	۰/۹۳۰۲	۰/۰۱۷۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۶۵
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات،قیمت طلا	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۵۲	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۸۰
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۳۰۰	۰/۸۳۸۱	۰/۱۷۳۱	۰/۰۰۱۴	۰/۶۶۴۹
موتوژن	کمترین قیمت سهام،قیمت طلا	۰/۰۰۴۵	۰/۲۹۰۳	۰/۰۶۶۸	۰/۰۰۰۶	۰/۹۳۰۷
	کمترین قیمت سهام،قیمت طلا$\mathbf{x}_7$, ,	۰/۰۰۴۳	۰/۳۳۶۰	۰/۰۶۵۵	۰/۰۰۰۶	۰/۹۳۳۳
	بیشترین قیمت سهام ،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات،قیمت دلار	۰/۰۶۸۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۳۷	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷۱
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۳۵۹	۱/۱۴۲۷	۰/۱۸۹۵	۰/۰۰۱۵	۰/۴۴۲۶

سرمایه گذاری	کمترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۳۹	۰/۴۳۲۵	۰/۰۶۲۱	۰/۰۰۰۵	۰/۹۶۲۹
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،قیمت طلا	۰/۰۰۰۶	۰/۲۰۵۴	۰/۰۲۵۰	۰/۰۰۰۲	۰/۹۹۴۰
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات،قیمت دلار	۰/۰۰۰۳	۰/۰۷۱۲	۰/۰۱۵۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷۶
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۲۵	۰/۳۱۰۸	۰/۰۵۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۹۷۵۸
نفت پارس	کمترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۸	۰/۱۰۵۰	۰/۰۲۸۸	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۶۵
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۸	۰/۱۳۴۰	۰/۰۲۹۱	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۶۲
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات،قیمت نفت	۰/۰۰۰۹	۰/۰۸۹۵	۰/۰۲۹۷	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۵۷
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۳۰۰	۰/۶۵۸۶	۰/۱۷۳۳	۰/۰۰۱۴	۰/۵۱۱۳
نیرو محرکه	کمترین قیمت سهام،قیمت طلا	۰/۰۰۰۵	۰/۰۶۲۲	۰/۰۲۲۸	۰/۰۰۰۲	۰/۹۹۱۳
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۰۴	۰/۱۱۹۵	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۴۰
	بیشترین قیمت سهام، کمترین قیمت سهام ،حجم معاملات،قیمت طلا	۰/۰۰۰۶	۰/۰۷۶۵	۰/۰۲۴۸	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۹۷
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۲۹۶	۰/۸۰۰۹	۰/۱۷۲۲	۰/۰۰۱۶	۰/۵۰۳۴
شهد ایران	شاخص قیمت سهام،قیمت نفت	۰/۰۰۴۵	۰/۴۴۹۲	۰/۰۶۷۰	۰/۰۰۰۶	۰/۸۱۸۲
	بیشترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۲۲۲	۰/۶۶۵۲	۰/۱۴۸۹	۰/۰۰۱۲	۰/۱۰۳۴
	بیشترین قیمت سهام، کمترین قیمت سهام ،حجم معاملات،شاخص قیمت سهام	۰/۰۱۰۳	۰/۲۶۹۸	۰/۱۰۱۵	۰/۰۰۰۰۷	۰/۵۸۳۳
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۲۰۳	۰/۴۳۳۹	۰/۱۴۲۶	۰/۰۰۱۰	۰/۱۷۶۸
فولاد مبارکه	کمترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۷۰	۰/۱۱۹۳	۰/۰۸۳۷	۰/۰۰۰۶	۰/۷۸۰۲
	بیشترین قیمت سهام، کمترین قیمت سهام، قیمت طلا	۰/۰۰۱۲	۰/۳۴۸۲	۰/۰۳۴۳	۰/۰۰۰۳	۰/۹۶۳۱
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات،شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۴۸	۰/۱۱۷۳	۰/۰۶۹۱	۰/۰۰۰۵	۰/۸۵۰۰
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۷۶	۰/۷۷۷۱	۰/۰۸۷۴	۰/۰۰۰۷	۰/۷۶۰۱
بانک پارسیان	کمترین قیمت سهام،قیمت طلا	۰/۰۰۳۴	۰/۳۸۹۰	۰/۰۵۸۵	۰/۰۰۰۵	۰/۹۴۱۰

	کمترین قیمت سهام،قیمت طلا، قیمت دلار	۰/۰۱۶۱	۰/۶۴۴۶	۰/۱۲۷۰	۰/۰۰۱۱	۰/۷۲۲۴
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات،قیمت طلا	۰/۰۰۳۹	۰/۳۳۲۰	۰/۰۶۲۸	۰/۰۰۰۵	۰/۹۳۲۱
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۲۲۸	۰/۷۸۷۰	۰/۱۵۱۰	۰/۰۰۱۴	۰/۶۰۷۶
سیمان تهران	شاخص قیمت سهام،قیمت نفت	۰/۰۲۶۱	۲/۴۴,۹	۰/۱۶۱۶	۰/۰۰۱۵	۰/۲۴۸۵
	بیشترین قیمت سهام ،شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۸۰	۴/۹۶۹۲	۰/۰۸۹۲	۰/۰۰۰۸	۰/۷۷۱۳
	بیشترین قیمت سهام ،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۲۳	۰/۳۸۶۵	۰/۰۴۷۹	۰/۰۰۰۳	۰/۹۳۴۱
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۳۳۲	۰/۷۴۸۲	۰/۱۸۲۳	۰/۰۰۱۴	۰/۴۴۰۵
ایران خودرو	کمترین قیمت سها،قیمت طلا	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۴۶	۰/۰۱۵۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۵۸
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام، حجم معاملات	۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۹۰	۰/۰۱۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷۶
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام، قیمت نفت، قیمت طلا	۰/۰۰۰۶	۰/۱۳۹۳	۰/۰۲۴۳	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۰۲
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۱۷۴	۰/۹۲۹۳	۰/۱۳۱۸	۰/۰۰۱۱	۰/۷۱۲۳

با توجه به جدول فوق می‌توان مشاهده نمود که دراغلب شرکتها با زیاد شدن تعداد ورودیها مقادیر ارزیابی بهبود نیافته اند. این بیانگر این است که بعضی از ویژگیها با وجود اینکه با افزودن آنها اطلاعات بیشتری را وارد شبکه می کند اما تاثیر منفی بر روی نتایج ارزیابی دارد. بنابراین ویژگیهایی که توسط الگوریتم ژنتیک انتخاب شده اند برای تعیین قیمت سهام بسیار تعیین کننده هستند و نیازی به زیاد کردن سایر ویژگیها نیست چون علاوه بر پیچیدگی شبکه و افزایش زمان پردازش در بیشتر موارد با زیاد شدن تعداد ویژگیها نتیجه ضعیفی بدست می آید.

در مقایسه با حالت بدون الگوریتم انتخاب ویژگی که از همه ویژگیها بهره می برد، نتیجه می گیریم که الگوریتم انتخاب ویژگی در شبیه سازی از اهمیت بسیاری برخوردار

است و با بکارگیری همه ی ویژگی ها مقادیر ارزیابی بهبود نیافته است و علاوه بـر افـزایش هزینه محاسیاتی نتایج را با اختلاف زیادی نسبت به حـالتی کـه در آن از الگـوریتم انتخـاب ویژگی استفاده شده است، بدتر کرده اند.

ب. شبکه عصبی-فازی با ساختار سوگنو

نتایج شبیه سازی برای ۱۰ شرکت و با معیارهـایی کـه قـبلا بـه آن اشـاره شـده اسـت در جدول (۳) آمده است.

جدول۳ .مقادیر ارزیابی عملکرد شبکه ی عصبی فازی سوگنو

نام شرکت	تعداد ورودی	MSE	RMSE	NMSE	MAPE	R^2
انبوه سازی	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۰۳	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۹۳
	کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت طلا	۰,۰۰۰۷	۰,۱۰۶۵	۰,۰۲۷۳	۰/۰,۰۰۰۲	۰/۹۹۱۷
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰,۰۰۰۳	۰,۰۳۹۵	۰,۰۱۷۷	۰,۰۰۰۱	۰,۹۹۶۵
	تمام ویژگی ها (شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۱۲	۰/۰۷۹۲	۰/۰۳۴۰	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۷۱
موتوژن	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۰۱	۰,۹۹۷۶
	کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت طلا	۰/۰۰۱۲	۰/۱۷۸۱	۰/۰۳۵۱	۰/۰۰۰۳	۰,۹۸۰۹
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۷	۰/۱۳۶۴	۰/۰۲۶۹	۰/۰۰۰۲	۰,۹۸۸۸
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)ه	۰/۰۰۱۹	۰/۲۴۸۵	۰/۰۴۳۸	۰/۰۰۰۴	۰/۹۷۰۳
سرمایه گذاری	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۴	۱/۲۶۶۶	۰/۰۲۱۱	۰/۰۰۰۱	۰,۹۹۵۷
	بیشترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۲۷	۰/۲۹۴۴	۰/۰۵۱۵	۰/۰۰۰۵	۰,۹۷۴۴
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۶۵	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۰۱	۰,۹۹۸۹
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۱۴	۰/۲۹۵۳	۰/۰۳۷۵	۰/۰۰۰۳	۰/۹۸۶۴

نفت پارس	کمترین قیمت سهام، قیمت طلا	۰/۰۰۰۴	۰/۰۶۶۴	۰/۰۲۰۴	۰/۰۰۰۲	۰,۹۹۳۲
	بیشترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۳۱	۰/۲۰۹۰	۰/۰۵۵۶	۰/۰۰۰۵	۰,۹۴۹۶
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،قیمت طلا، قیمت دلار	۰/۰۰۱۵	۰/۱۹۶۵	۰/۰۳۹۰	۰/۰۰۰۳	۰/۹۷۵۲
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۰۳	۰/۱۴۴۶	۰/۰۱۷۵	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۵۰
نیرو محرکه	کمترین قیمت سهام، قیمت طلا	۰/۰۰۰۸	۰/۰۹۶۴	۰/۰۲۸۹	۰/۰۰۰۳	۰/۹۸۶۰
	کمترین قیمت سهام ،حجم معاملات،قیمت طلا	۰/۰۰۲۹	۰/۲۹۶۵	۰/۰۵۳۹	۰/۰۰۰۴	۰/۹۵۱۳
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۵	۰/۱۳۴۷	۰/۰۲۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۱۹
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۰۷	۰/۰۶۳۰	۰/۰۲۷۲	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۷۶
شهد ایران	کمترین قیمت سهام، قیمت طلا	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۳۹	۰/۰۱۸۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۵۷
	بیشترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۱۲	۰/۱۸۲۵	۰/۰۳۴۷	۰/۰۰۰۳	۰/۹۵۱۴
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،قیمت طلا،قیمت دلار	۰/۰۰۰۴	۰/۲۹۱۴	۰/۰۲۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۲۸
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۱۷	۰/۱۳۰۵	۰/۰۴۰۹	۰/۰۰۰۳	۰/۹۳۲۳
فولاد مبارکه	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۱۹
	بیشترین قیمت سهام،شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۰۸	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۸۷
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۴	۰/۳۴۹۴	۰/۰۲۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۶۴
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۳۹	۰/۴۶۷۳	۰/۰۶۲۱	۰/۰۰۰۴	۰/۸۷۸۸
بانک پارسیان	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۲	۰/۰۸۸۰	۰/۰۱۵۴	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۵۹
	کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت طلا	۰/۰۰۱۷	۰/۳۰۹۲	۰/۰۴۱۰	۰/۰۰۰۴	۰/۹۷۱۱
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۲	۰/۰۸۵۰	۰/۰۱۵۱	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۶۱

	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۱۷	۰/۱۰۴۰	۰/۰۴۱۳	۰/۰۰۰۳	۰/۹۷۰۶
سیمان تهران	شاخص قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۱۱۰	۱/۱۶۳۹	۰/۱۰۵۱	۰/۰۰۰۹	۰/۶۸۲۲
	کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت طلا	۰/۰۲۱۷	۳۶/۳۸۰۸	۰/۱۴۷۳	۰/۰۰۱۲	۰/۳۷۵۵
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۶	۰/۶۸۳۲	۰/۰۲۵۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۲۰
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۲۲	۰/۳۹۸۳	۰/۰۴۷۰	۰/۰۰۰۴	۰/۹۳۶۵
ایران خودرو	کمترین قیمت سهام، قیمت طلا	۰/۰۰۰۳	۰/۰۷۶۸	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۵۸
	کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت طلا	۰,۰۰۱۶	۰,۲۵۸۳	۰,۰۳۹۴	۰,۰۰۰۳	۰,۹۷۴۳
	بیشترین قیمت سهام،کمترین قیمت سهام،حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۸۹	۰/۰۱۱۷	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷۷
	تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)	۰/۰۰۱۴	۰/۳۲۸۰	۰/۰۳۷۶	۰/۰۰۰۳	۰/۹۷۶۶

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود که در بعضی از شرکتها با افزایش تعداد ورودیها مقادیر ارزیابی بهبود نیافته اند(مانند نفت پارس) و در بعضی از شرکت ها این مقادیر بهبود یافته اند(مانند فولاد مبارکه). ویژگیهایی که توسط الگوریتم ژنتیک انتخاب شده اند برای تعیین قیمت سهام بسیار تعیین کننده هستند و نیازی به زیاد کردن سایر ویژگیها نیست چون علاوه بر پیچیدگی شبکه و افزایش زمان پردازش در بیشتر موارد با زیاد شدن تعداد ویژگیها نتیجه ضعیفی بدست می آید. با مقایسه هر دو ساختار ممدانی و سوگنو می توان نتیجه گرفت که با تغییر ساختار نوع ویژگیهای انتخابی نیز تغییر می کند و به تبع آن نتایج نیز متغیر است اما بطور کلی ساختار سوگنو عملکرد بهتری دارد.

در حالتی که از همه ویژگیها استفاده می شود، مشاهده می شود مقادیر ارزیابی بهبود نیافته اند. اما با مقایسه مقادیر این جدول با جدول (۲) می‌توان نتیجه گرفت که ساختار سوگنو نسبت به ساختار ممدانی عملکرد بهتری دارد.

پس از اعمال داده‌ها به شبکه همانطور که در جدولهای فوق مشاهده می‌شود با توجه به نوع و تعداد ویژگیهای انتخابی و نوع ساختار عصبی-فازی نتایج شبکه تغییر می‌کند. گاهی اوقات اضافه شدن ویژگی جدید دقت پیش بینی کننده را زیاد می‌کند و در یک سری حالتها هم، اضافه شدن ویژگی جدید دقت پیش بینی کننده را کم می‌کند. اما بطور کلی شبکه عصبی فازی با ساختار سوگنو به همراه الگوریتم ژنتیک عملکرد خوبی دارد.

در جدول (۴) بهترین نتایج برای هر شرکت جهت مقایسه بهتر ارایه شده است:

جدول ٤. بهترین نتایج بدست آمده برای پیش بینی داده‌ها پس از اعمال روشهای پیشنهادی

نام شرکت	روش	ساختار	ویژگیهای انتخابی	MSE	RMSE	NMSE	MAPE	R^2
انبوه سازی	FNN+GA	ممدانی	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۰۳	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۹۳
موتوژن	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۰۰۱	۰/۹۹۷۶
سرمایه گذاری	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام،بیشترین قیمت سهام، حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۶۵	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۸۹
نفت پارس	FNN	سوگنو	*تمام ویژگی ها(شبکه عصبی فازی ساده)*	۰/۰۰۰۳	۰/۱۴۴۶	۰/۰۱۷۵	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۵۰
نیرو محرکه	FNN+GA	ممدانی	کمترین قیمت سهام، بیشترین قیمت سهام، قیمت نفت	۰/۰۰۰۴	۰/۱۱۹۵	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۴۰
شهد ایران	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام، قیمت طلا	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۳۹	۰/۰۱۸۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۵۷
فولاد مبارکه	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۱۹
بانک پارسیان	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام، بیشترین قیمت سهام، حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۸۵۰	۰/۰۱۵۱	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۶۱
سیمان تهران	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام، بیشترین قیمت سهام، شاخص قیمت سهام	۰/۰۰۰۶	۰/۶۸۳۲	۰/۰۲۵۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۲۰
ایران خودرو	FNN+GA	سوگنو	کمترین قیمت سهام، بیشترین قیمت سهام، حجم معاملات، قیمت دلار	۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۸۹	۰/۰۱۱۷	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷۷

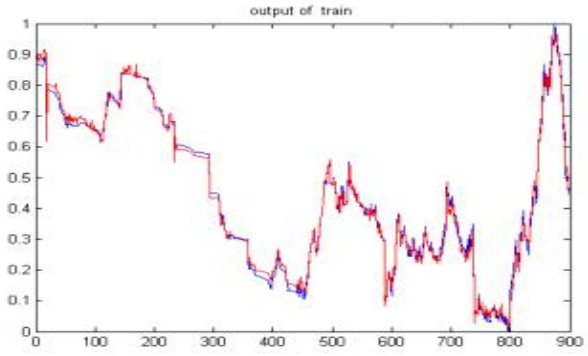
با توجه به جدول فوق، از بین ویژگیهای انتخابی، ویژگی کمترین قیمت سهام در همه شرکتها تاثیر بسیاری در تعیین قیمت سهام دارد.

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود در تمام شرکت ها برتری انتخاب چند ویژگی به تمام ویژگی ها مشهود است. منحصرا در شرکت نفت پارس می توان بهبودی جزیی را در بکار گیری همه ی ویژگی ها مشاهده کرد. همان طور که مشاهده می شود این بهبود جزیی بوده و عملا بکارگیری دو ویژگی نامبرده شده در این شرکت کم هزینه تر و زمان کمتری در پی خواهد داشت. بنابراین برای نمونه و درک بهتر نتایج به دست آمده جدول و نمودار های تست و آموزش شرکت نفت پارس با ۲ ویژگی و تمام ویژگی آورده شده است. سایر شرکتها هم مشابه همین شرکتها دارای نمودارهای خروجی برای داده های تست و آموزش می باشد که در این مقاله بعنوان نمونه شرکت نفت پارس مورد بررسی قرار گرفته است.

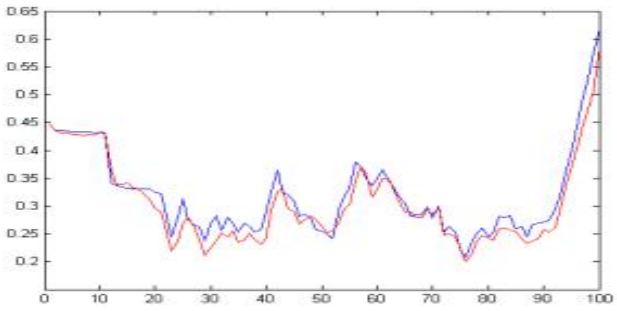
جدول۵. مقادیر ارزیابی شرکت نفت پارس با تمام ویژگی- ساختار سوگنو

داده	MSE	NMSE	RMSE	MAPE	R^2
آموزش	۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۱۵	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷۸
تست	۰/۰۰۰۳	۰/۱۴۴۶	۰/۰۱۷۵	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۵۰

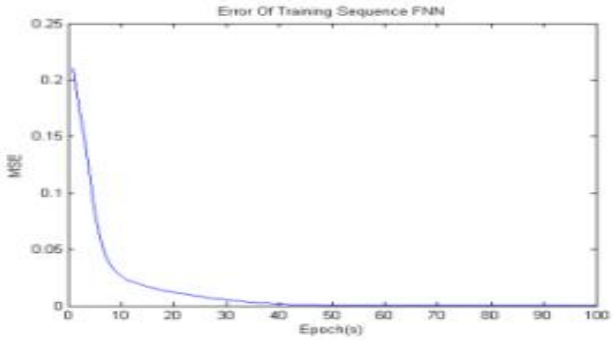
نمودار ۱. نمایش خروجی شبکه (به رنگ قرمز) به همراه خروجی مطلوب (به رنگ آبی) با استفاده از داده آموزش



نمودار ۲. نمایش خروجی شبکه (به رنگ قرمز) به همراه خروجی مطلوب (به رنگ آبی) با استفاده از داده تست



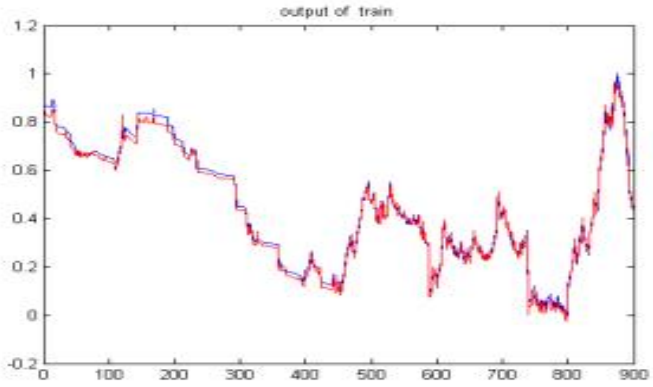
نمودار ۳. نمایش نحوه کاهش خطای MSE



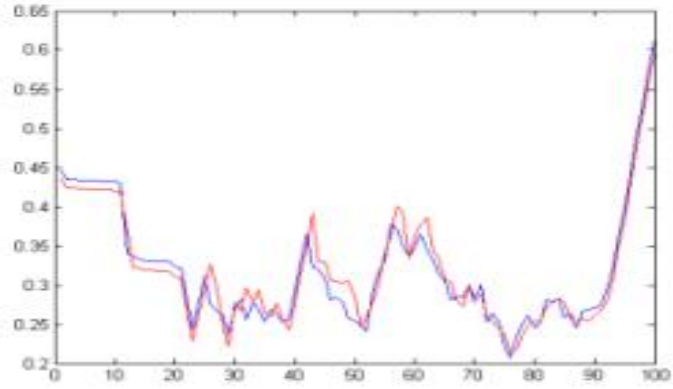
در نمودارهای (۱و۲) خروجی شبکه به همراه خروجی مطلوب به ترتیب با داده های آموزش و تست در حالتی که از همه ویژگیها بعنوان ورودی استفاده شده است، رسم شده است و نشان می دهد که خروجی واقعی و خروجی شبکه در حالت تست و آموزش روی هم تطبیق می شوند. در شکل (۳) نحوه کاهش خطای MSE به هنگام آموزش شبکه با داده های آموزش در ۱۰۰ تکرار را نشان می دهد. در جدول (۵) معیارهای ارزیابی شبکه در دوحالت آموزش و تست آمده است.

جدول٦. مقادیر ارزیابی شرکت نفت پارس با ۲ ویژگی-ساختار سوگنو

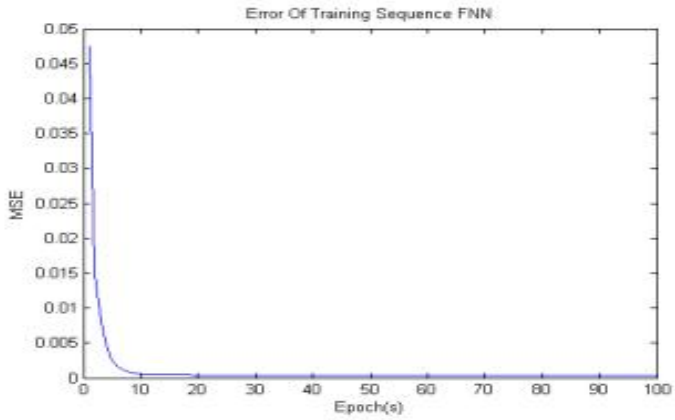
داده	MSE	NMSE	RMSE	MAPE	R^2
آموزش	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۳۴	۰/۰۱۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۱۲
تست	۰/۰۰۰۴	۰/۰۶۶۴	۰/۰۲۰۴	۰/۰۰۰۲	۰/۹۹۳۲



نمودار ٤. نمایش خروجی شبکه (به رنگ قرمز) به همراه خروجی مطلوب (به رنگ آبی) با استفاده از داده آموزش



نمودار٥. نمایش خروجی شبکه (به رنگ قرمز) به همراه خروجی مطلوب (به رنگ آبی) با استفاده از داده تست



نمودار٦. نمایش نحوه کاهش خطای MSE

در نمودارهای (۴و۵) مشابه شکل‌های (۱و۲) خروجی شبکه به همراه خروجی مطلوب به ترتیب با داده های آموزش و تست در حالتی که از دو ویژگی کمترین قیمت سهام، قیمت طلا بعنوان ورودی استفاده شده است، رسم شده است و نشان می دهد که خروجی واقعی و خروجی شبکه در حالت تست و آموزش روی هم تطبیق می شوند. در شکل (۶) نیز نحوه کاهش خطای MSE به هنگام آموزش شبکه با داده های آموزش در ۱۰۰ تکرار را نشان می دهد. در جدول (۶) معیارهای ارزیابی شبکه در دوحالت آموزش و تست آمده است. نتایج بدست آمده در مقایسه با حالتی که از تمام ویژگیها استفاده می شود خیلی نزدیک می دهد و این نشانگر این است که انتخاب ویژگی از ارکان اصلی در پیش بینی قیمت سهام است.

٦. نتیجه‌گیری

از آنجایی که بازار سهام دارای سیستمی غیر خطی و آشوب گونه است از سیستم های هوشمند که دارای قابلیت یادگیری غیرخطی بین داد ه ها است استفاده شده است. تا کنون روشهای مختلفی جهت پیش بینی قیمت سهام داده های شرکتهای مختلف بکار گرفته شده است. روشهای بکار گرفته شده اغلب روشهای آماری یا مبتنی برآموزش هستند.

روش پیشنهادی در این مقاله شامل دو بخش است: پیش پردازش و پردازش. بخش پیش پردازاش شامل جاگذاری داده های گم شده، نرمالیزه کردن و انتخاب ویژگی است. بخش پردازش هم همان پیش بینی کننده است که در اینجا روش هوشمند شبکه های عصبی فازی است. از الگوریتم ژنتیک با کروموزوم باینری هم بعنوان الگوریتم انتخاب ویژگی استفاده شده است.

در الگوریتم پیشنهادی با توجه به اینکه شبکه‌های عصبی- فازی قابلیت آموزش دارند، می‌توانند قواعد فازی را بصورت خودکار بدست بیاورند. این شبکه از قابلیت انعطاف بالایی برخوردار بوده بطوریکه با تغییر تعداد ورودیها و خروجیها، شبکه قابلیت تعمیم دارد. با زیاد شدن تعداد ورودیها و تعداد توابع عضویت تعداد پارامترهای آن بصورت نمایی افزایش می‌یابد، بنابراین جهت کاهش محاسبات پردازش باید تعداد ویژگیها کاهش یابند،که در اینجا از الگوریتم ژنتیک جهت کاهش ابعاد ورودی شبکه استفاده شده است و ویژگیها را بدون تغییر انتخاب می کند و شبکه اعمال می کند .

جهت ارزیابی روش پیشنهادی، داده های ۱۰ شرکت بازار بورس که دارای ۷ ویژگی می باشند به الگوریتم پیشنهادی که مبتنی بر انتخاب ویژگی می باشد، اعمال شده است. در همه شرکتها تعداد ویژگیهای انتخابی به ترتیب ۲،۳،۴و۷ (همه ویژگیها) می باشد که نوع ویژگیهای انتخابی با توجه به نوع شرکت متفاوت است. نتایج بدست آمده نشانگر این است که در همه شرکتها هنگامی که از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی استفاده استفاده شود، معیارهای ارزیابی بخصوص میانگین مربعات خطا در مقایسه با حالتی که از همه ویژگی‌ها بعنوان ورودی پیش بینی کننده استفاده می شود، مقادیر کمی را اختیار می کنند. از لحاظ نوع ساختار نیز بطور کلی ساختار سوگنو عملکرد خوبی دارد و دارای خطای کمتری است. در برخی از شرکتها با افزایش ویژگی، دقت عملکرد پیش بینی کننده را بدتر می شود و یا اینکه دقت شبکه بدون تغییر می‌ماند. لذا نتیجه می گیریم که انتخاب ویژگی از ارکان اصلی در این نوع داده‌هاست. از آنجا که تعداد ویژگی زیاد است و با زیاد شدن تعداد توابع عضویت تعداد متغیرهای آموزشی بصورت نمایی افزایش می‌یابد.

همانطور که اشاره شد برای حل این مشکلات از آلگوریتم انتخاب ویژگی و یا کاهش ابعاد ویژگی استفاده می‌شود، که در اینجا از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی و کاهش ابعاد فضای ویژگی استفاده شده است.

با توجه به نتیجه های عددی در جدولها مشاهده می شود که ویژگیهای انتخابی با توجه به نوع شرکت متفاوت است و ویژگیهای کمترین قیمت سهام،بیشترین قیمت سهام شاخص قیمت سهام و حجم معاملات در اغلب شرکتها مشترک است و این نشانگر تاثیر این ویژگیها در تعیین قیمت سهام است. بنابراین نتیجه می گیریم که ویژگیهای مختلفی در تعیین قیمت سهام موثر است، لذا جهت کاهش هزینه محاسباتی توصیه می شود از روشهای هوشمند ترکیبی که مبتنی بر روشهای انتخاب ویژگی هستند در کنار کارشناسان مجرب و مشاوران سرمایه گذاری در تعیین قیمت سهام استفاده شود.

منابع و مآخذ

- امامی،ک.، امام وردی،ق. (۱۳۸۸). بررسی امکان پیش بینی شاخص قیمت سهام در بازار سرمایه ایران و مقایسه توان پیش بینی مدلهای خطی و غیرخطی. فصلنامه علوم اقتصادی سال دوم. شماره هفت.
- حاتمی،ن.، میرزازاده،ح.، وابراهیم پور،ر. (۱۳۸۸) .ترکیب شبکه های عصبی برای پیش بینی قیمت سهام.پژوهشنامه ی علوم اقتصادی علمی-پژوهشی.سال دهم.شماره دو.
- منجمی، ا.ح.، ابزری،م.، و رعیتی شوازی،ع. (۱۳۸۸) . پیش بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه ی عصبی فازی و الگوریتم های ژنتیک و مقایسه ی آن با شبکه ی عصبی مصنوعی.فصلنامه اقتصاد مقداری بررسی های اقتصادی سابق. دوره ششم. شماره سه.
- مکیان،س.ن.، موسوی،ف.(۱۳۹۱) .پیش بینی قیمت سهام شرکت فرآورده های نفتی پارس با استفاده از شبکه عصبی و روش رگرسیونی :مطالعه موردی :قیمت سهام شرکت فرآورده‌های نفتی پارس.فصلنامه مدلسازی اقتصادی سال ششم. شماره دو.
- هیبتی،ف .، و موسوی،م. (۱۳۸۸). پیش بینی شاخص بورس سهام با استفاده از مدل سازی. ویژه نامه بازار سرمایه. شماره هفتم.

- Haykin, S.S. (1999). *Neural Networks - A Comprehensive Foundation. Macmillan College Publishing Company Inc. New York.*
- Horikawa, S.I.(1990) . *A Fuzzy Controller Using a Neural Network and It's Capability to Learn Expert's Control Rules*. Int. Conf. On Fuzzy logic & Neural Networks.Lizuka. Japan, pp.103-106.
  IEEE93, Vol.1, p.47-654.
- Hadavandi ,E., Shavandi ,H., & Ghanbari ,A. (2010). *Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting*. Department of Industrial Engineering Sharif University of Technology.*Elsevier* . 23, 800–808. Knowledge-Based Systems.
- Hsu, C.M. (2011). *Forecasting Stock/futures Prices by Using Neural Networks with Feature Selection.IEEE.*
- Huang ,W., Wang ,S., & Yu, L., Bao ,Y., & Wang ,L. (2006). *A New Computational Method of Input Selection for Stock Market Forecasting with Neural Networks*. *Springer*-Verlag Berlin Heidelberg.
- Jang, J.S.R., Sun, C.T., & Mizutani, E. (1997*). Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Prentice-Hall Inc.
- Kato, R., & Nagao, T. (2012). *Stock market prediction using a hybrid neuro-fuzzy system* . Symposium on Computers & Informatics. *IEEE*.

- Khan, E .*Neufuz: Neural Networks Based Fuzzy Logic Design Algorithms*. Proceeding of the Fuzzy
- Lin, Y., Guo, H., & HU, J. (2013). An SVM-based Approach for Stock Market Trend Prediction. IJCNN.
- Nguyen, T., Khosravi, A., Nahavandi, S., & Creighton, D. (2013). Neural Network and Interval Type-2 Fuzzy System for Stock Price Forecasting.Fuzz,IEEE.
- Yang ,W.H., Dai, D.Q., & Yan, H. (2007). *Feature extraction and uncorrelated discriminant analysis for high-dimensional data.* Transaction on knowledge and data engineering.*IEEE*
- Wang , L.X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Prentice-Hall Inc.