فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و هفتم / تابستان ۱۴۰۰

ارائه مدل تلفیقی فرا ابتکاری هوشمند (انفیس[1]–ام جی جی پی[2])؛ جهت پیش‌بینی (بازده سهام) با سرعت و دقتی بالاتر نسبت به سایر روش‌های فرا ابتکاری

محمود کهنسال کفشگری[1]
علیرضا زارعی سودانی[2]
رضا بهمنش[3]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۱۱/۰۷

چکیده

بحث پیرامون پیش‌بینی بازده سهام در کشورهای پیشرفته مدت‌هاست که به‌عنوان جذاب‌ترین بحث‌های علمی مطرح‌شده است ، اگرچه گام‌های مؤثری در این زمینه برداشته‌شده اما به دلیل مشکلات عدیده، پیش‌بینی صحیح بازده سهام هنوز به‌عنوان یک مسئله به قوت خویش باقی‌مانده است.لذا محقق درصدد ارائه یک مدل دقیق،کاربردی و اثربخش برای پیش‌بینی بازده سهام جهت سرمایه‌گذاران می‌باشد.نمونه آماری این تحقیق مشتمل بر۱۳۸ شرکت فعال در بازار بورس و فرابورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ می‌باشد که با روش حذف سیستماتیک انتخاب شده است ، بنابراین برای هر متغیر این پژوهش تعداد ۱۳۸۰ داده- سال،جهت برر سی سؤالات تحقیق در نظر گرفته شده است.در این تحقیق از تکنیک انفیس،ام جی جی پی ، شبکه عصبی و تجزیه و تحلیل داده‌ها و همچنین آزمون‌های آماری متفاوت برای بررسی دقت و سرعت مدل‌ها استفاده شد. برای پیاده‌سازی تکنیک‌های فوق‌الذکر به ترتیب از نرم‌افزارهای متلب و ژن اکس پروتولز استفاده می‌شود. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که جهت پیش‌بینی بازده سهام استفاده از روش ترکیبی انفیس – ام جی جی پی نسبت به سایر مدل‌های فرا ابتکاری از دقت و سرعت بالاتری برخوردار است؛ زیرا ابتدا بهینه‌ترین متغیرهای ورودی از طریق تکنیک انفیس انتخاب و بعد با استفاده از مدل فرا ابتکاری ام جی جی پی پیش‌بینی صورت می‌پذیرد لذا به علت انتخاب درست متغیرهای ورودی، پیش‌بینی بازده سهام هم سرعت و هم دقت بالاتری دارد همچنین مدلی ریاضی جهت پیش‌بینی ارائه شده است.

کلمات کلیدی

مدل‌های فرا ابتکاری، شبکه عصبی، بازده سهام، انفیس، ام جی جی پی

۱-گروه حسابداری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. Mkohansal57@yahoo.com
۲-گروه حسابداری، واحد فلاورجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول)zarei.finance@gmail.com
۳-گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی نقش‌جهان، اصفهان، ایران.Rezaehs@yahoo.com

مقدمه

امروزه در مسائل پیش‌بینی مربوط به بازده سهام از مدل‌های فرا ابتکاری به‌طور گسترده استفاده می‌شوند؛ زیرا این مدل ها، ابزارهایی دقیق برای رهگیری رفتارهای غیرخطی و ارائه پیش‌بینی در فضاهای مغتشش هستند [۱۹]. شبکه عصبی با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای پیش‌بینی و آنالیز داده‌های بازار سهام موردتوجه قرار گرفت و بسیاری از پژوهشگران از مدل‌های شبکه عصبی جهت پیش‌بینی استفاده می‌کنند . روش مذکور نسبت به سایر روش‌ها رضایت‌بخش بوده است اما درعین‌حال دارای برخی نقاط ضعف است : الف) تعیین یک مجموعه بهینه از متغیرهای ورودی یکی از مشکلات اصلی در ساختار شبکه عصبی مصنوعی است زیرا انتخاب متغیرهای ورودی به‌طور مستقیم بر دقت پیش‌بینی اثرگذار است. ب) نبود روشی منحصربه‌فرد برای تعیین تعداد نرون‌ها در لایه پنهان، پژوهشگران به صورت تجربی و آزمون و خطا این تعداد را مشخص می‌کنند . ج) همچنین شبکه عصبی دارای یک ضعف بزرگ دیگری به نام جعبه سیاه[۳] می‌باشد. بدین معنی که نمی‌تواند یک مدل ریاضی برای متغیر وابسته بر اساس متغیرهای مستقل ارائه دهد[۲۱] . درنتیجه نمی‌توان به بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته پرداخت. پس می توان بیان نمود استفاده از شبکه عصبی فقط و فقط می‌تواند یک عدد به‌عنوان پیش‌بینی به محقق ارائه دهد ولی این روش‌ها قادر به ارائه یک مدل ریاضی برای متغیر وابسته(بازده سهام) بر اساس متغیرهای مستقل(متغیرهای حسابداری، مالی)، نیستند. درنتیجه مدیران و کارشناسان فقط با یک سیستم نرونی که ورودی دریافت کرده و خروجی ارائه می‌دهد روبرو می‌شوند، که این امر باعث ناتوانی در امر تجزیه و تحلیل فرایند از طرف کارشناسان می‌گردد.امروزه محققین برای برطرف کردن این ضعف از رویکرد برنامه نویسی ژنتیک[۴] استفاده می‌کنند. در واقع این روش ضعف شبکه عصبی را در به دست آوردن مدل ریاضی می‌پوشاند. درنتیجه یک دید مناسب به مدیران در مورد تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته می‌دهد.از طرفی دیگر؛ تعیین مناسب‌ترین متغیرهای مستقل مؤثر که با یکدیگر بیشترین تأثیر را بر روی بازده سهام می‌گذارد یکی دیگر از موضوعاتی است که به مطالعه دقیق‌تر نیاز دارد. زیرا مدل سازی با متغیرهایی که تأثیر چندانی بر متغیر وابسته ندارند نه‌تنها دقت مدل بلکه زمان مدل‌سازی را نیز افزایش می‌دهد. درنتیجه ارائه یک روش که بتواند مهم‌ترین متغیرهای مستقل را که با همدیگر بیشترین تأثیر را بر روی بازده سهام داشته باشند می‌تواند امری بسیار مهم در این زمینه باشد[۲۱]. ادبیات تحقیق مربوط به پیش‌بینی بازده سهام نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های هوش مصنوعی (متاهیوریستیک) مانند سیستم استنتاج عصبی – فازی سازگار۵ (انفیس) تابه‌حال در رشته

حسابداری برای تعیین متغیرهای مستقل که بیشترین تأثیر را بر روی پیش‌بینی بازده سهام دارند استفاده نشده است. همچنین استفاده از روش‌های ژنتیکی مانند برنامه نویسی ژنتیکی چند ژنی۶(ام جی جی پی) در پیش‌بینی بازده سهام که بتوانند ضعف جعبه سیاه را که در روش‌های هوش مصنوعی سنتی مانند شبکه عصبی بودند را برطرف نماید، در تحقیقات قبلی دیده نشده ؛ و همه این‌ها موجب گردید، محقق با ادغام دو روش سیستم استنتاج عصبی – فازی سازگار (انفیس) و برنامه نویسی ژنتیک چند ژنی(ام جی جی پی) به ارائه مدلی بپردازد تا هم دقیق‌تر و هم در مدت زمان کمتر در پیش بینی بازده سهام مؤثر باشد. در این تحقیق، درکنار استفاده از برنامه نویسی ژنتیک چند ژنی (ام جی جی پی) از سیستم استنتاج عصبی – فازی سازگار(انفیس) برای تعیین مهم‌ترین و مؤثرترین متغیرهای مستقل در پیش‌بینی بازده سهام استفاده می‌شود. این پژوهش قصد دارد تا تأثیر استفاده از روش سیستم استنتاج عصبی – فازی سازگار (انفیس) نه به‌عنوان یک ابزار پیش‌بینی کننده، بلکه به‌عنوان یک ابزار هوشمند در تعیین متغیرهای مستقل ورودی در سرعت مدل سازی و دقت مدل در پیش‌بینی بازده سهام از طریق نتایج حاصله از قیاس دو مدل انفیس – ام جی جی پی با مدل محض ام جی جی پی و مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه [۷] را بررسی نماید.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحقیقات در خصوص قیمت و بازدهی سهام منجر به پیدایش دو دیدگاه متضاد شده است که به فرضیه‌های رقیب معروف است(واتزو زیمرمن،۱۹۸۶)، یکی از این فرضیه‌ها فرضیه گشت تصادفی است که به غیرقابل پیش‌بینی بودن بازدهی سهام تأکید دارد، فرضیه مقابل اعتقاد دارد که بر اساس مجموعه‌ای از اطلاعات می‌توان قیمت و بازدهی سهام را پیش‌بینی کرد ، مطرح شدن فرضیه بازار کارا، مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای، مدل‌های چند عاملی ، مدل‌آربیتراژ، تحلیل تکنیکال و تحلیل‌های بنیادی همگی به دو فرضیه مذکور در پیش‌بینی اشاره دارد [۴]. در توسعه و به کار گرفتن یک مدل پیش‌بینی، یکی از مسائل مهمی که باید موردتوجه قرار گیرد دقت آن‌ها در مدل کردن روندهای آشوبناک و غیرخطی موجود در اکثر سیستم‌هاست. امروزه مدل‌های هوش مصنوعی از قبیل شبکه‌های عصبی مصنوعی ، منطق فازی و الگوریتم‌های ژنتیک به دلیل توانمندی بالایی که در مدل کردن مسائل پیچیده مهندسی و سیستم‌های غیرخطی دارند به موضوع رایج تحقیقات در حوزه‌های مختلف تبدیل شده‌اند. اخیراً با توسعه تکنیک‌های هوش مصنوعی، مدل‌های مختلفی ارائه شده که نسبت به روش‌های سنتی عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند. مدل‌های شبکه عصبی از معمول‌ترین این مدل‌ها می‌باشند. بعد از آموزش یک مدل شبکه عصبی می‌توان از آن در پیش‌بینی بازده سهام در آینده

ا ستفاده کرد.در سال‌های اخیر رویکرد قالب در م ساله پیش‌بینی ، ا ستفاده از مدل‌های ترکیبی هوش مصنوعی بوده و ثابت شده است که این مدل‌ها انعطاف پذیری بیشتری داشته و توانایی کشف الگوهای غیرخطی موجود در داده‌ها را با قدرت بیشتری دارا می‌باشند. [۱۰] اینک و ترافالیس۸ [۲۲]، با ادغام روش تحلیل جزء مستقل۹ با روش ماشین بردار پشتیبان، به پیش‌بینی قیمت سهام بورس داو جونز۱۰، نسداک۱۱ و اس‌اند پی‌پانصد۱۲، پرداختند. کاریل و دیگران[۱۳] [۲۳] به مقایسه مدل های خطی و غیرخطی بازده سهام پرداختند. در این پژوهش به مقایسه و بررسی مدل‌های خطی پیش‌بینی بازده سهام (مدل فاما و فرنچ ۱۹۹۲) و مدل‌های غیرخطی پیش‌بینی بازده سهام (مدل شبکه‌های ع صبی و الگوریتم ژنتیک) پرداخته شده است به‌طور خلاصه نتایج بیانگر آن است که تفاوت معناداری بین مدل های خطی و غیرخطی و همچنین ت عداد متغیر های موجود در آن ها وجود دارد، در مجموع مدل‌های غیرخطی از مدل‌های خطی بهتر است.یاوون و سو۱۴ [۳۱]، از روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه برای پیش‌بینی قیمت سهام ا ستفاده نمودند. در این پژوهش،محققین با ا ستفاده از داده‌های مربوط به بورس شانگهای و با ا ستفاده از تکنیک شبکه ع صبی پس انت شار، به پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند. نتیجه نشان دادکه شبکه عصبی دارای قدرت بالایی در پیش‌بینی قیمت سهام بورش شانگهای می‌باشد. شتا و همکاران۱۵ [۳۰] به مقایسه دقت سه روش رگرسیون چند گانه، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند. در این تحقیق از داده‌های اس اند پی پان صد برای پیش‌بینی ا ستفاده نمودند. نتایج ن شان می‌دهد که مدل ما شین بردار پ شتیبان دقیق‌تر از شبکه عصبی و رگرسیون خطی چندگانه می‌باشد. همچنین روش شبکه عصبی از روش رگرسیون خطی چندگانه نیز دقیق‌تر ا ست. چوهان و همکاران۱۶ [۱۸]از روش شبکه ع صبی م صنوعی پر سپترون چند لایه برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده نمودند. در این پژوهش به این موضوع اشاره شد که روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته به‌صورت خطی نمی‌باشد، درنتیجه استفاده از روش‌های سنتی مانند رگرسیون برای برآورد قیمت سهام نمی‌تواند راه‌کار مناسبی برای پیش‌بینی آینده باشد. درنتیجه، محققین بر آن شدند تا با ا ستفاده از روش هوش م صنوعی شبکه ع صبی، به پیش‌بینی قیمت سهام بپردازند. نتایج حاکی از دقت بسیار بالای این روش نسبت به روش‌های سنتی می‌باشد. ترینکل[۲۹] به پیش‌بینی بازده سالانه سهام سه شرکت بزرگ تجاری سهامی عام، با ا ستفاده از سیستم‌های فازی-عصبی پرداخت، سپس توانایی پیش‌بینی این روش را با مدل میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه[۱۷] مقایسه نمود. نتایج تحقیق وی نشان داد که مدل غیرخطی(انفیس) بر مدل خطی میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه در پیش‌بینی بازده سهام غالب ا ست.رجب پور و همکاران [۲۵]از شبکه عصبی

برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با به‌کارگرفتن داده‌های درون‌زا و برون‌زا استفاده نمودند ؛ مطالعه حاضر درصدد نشان دادن توانایی قابل قبول، شبکه‌های عصبی مصنوعی، خصوصاً شبکه‌های پس انتشار با الگوریتم‌های توسعه‌یافته، به‌منظور پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌ها بوده است. علاوه بر این موضوع، با توجه به استفاده از داده‌های کلان اقتصادی مثل نرخ تورم، قیمت ارز، شاخص‌های کلان بورس اوراق بهادار و قیمت طلا همراه با داده‌های درونی شرکت (نسبت های مالی و اطلاعات سهام) در مدل پیشنهادی این پژوهش نتایجی باقابلیت اتکای بیشتر نسبت به پژوهش‌های مشابه، ارائه شده است. احمدی فر [۱] به پیش‌بینی بازده سهام با استفاده از مدل ترکیبی بر پایه سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی پرداخته است.در این مقاله، با استفاده از داده‌های مربوط به قیمت نفت، قیمت طلا، نرخ ارز در بازار آزاد و شاخص قیمت سهام در بازده زمانی(۱۳۸۹-۱۳۸۴) به‌عنوان متغیرهای مستقل، به پیش بینی بازده سهام با دو مدل شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم‌های فازی عصبی نظیر انفیس پرداخته شده است. در مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی از معماری پرسپترون چند لایه۱۸ ، تحت الگوریتم آموزشی لونبرگ-ماکوآت، با ساختاری چهارلایه (۱-۱۰-۱۰-۴) استفاده شده است؛ و در سیستم‌های فازی-عصبی با استفاده از الگوریتم یادگیری هیبریدی و سیستم استنتاج فازی تاکاگی سوگنو بعد از ۳۵ تکرار، با تعداد دو تابع عضویت برای هر متغیر ورودی از نوع زنگی، مدل بهینه طراحی شد. برای سنجش اعتبار مدل پیشنهادی، نتایج دو مدل بر اساس شاخص‌های سنجش خطا نظیر ضریب تعیین۱۹ میانگین مطلق در صد خطا۲۰ میانه مطلق درصد خطا ۲۱خطای میانگین مربعات نرمال۲۲ خطای میانگین مربعات ۲۳ مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان دهنده عملکرد بهتر سیستم‌های فازی-عصبی نسبت به شبکه‌های عصبی مصنوعی است.منجمی و همکاران[۱۳]، در تحقیقی که انجام شد؛ قیمت سهام با کاربرد سیستم عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک در مقایسه با شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد پیش‌بینی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که از نقطه نظر معیارهای عملکرد نظیر ضریب تعیین ، میانگین مطلق درصد خطا ، خطای میانگین مربعات نرمال، خطای میانگین مربعات پیش‌بینی قیمت سهام روز بعد توسط مدل ترکیبی شبکه‌های عصبی فازی و الگوریتم ژنتیکی، خطای برآورد قیمت سهام نسبت به تکنیک شبکه عصبی مصنوعی کاهش می‌دهد.بت شکن[۳] در پایان‌نامه خود تحت عنوان پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی_فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی، از شبکه‌های عصبی_فازی(انفیس) برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت گروه بهمن استفاده کرده است از میان مدل‌های خطی، نیز مدل میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه[۲۴] انتخاب و مورد آزمون واقع شده است. در شبیه‌سازی‌های انجام شده انواع مختلفی از شبکه

های ۲ ورودی تا ۵ورودی، با تعداد تابع عضویت متفاوت و نگاشت‌های مختلف، جهت پیش‌بینی قیمت سهام مورد نظر، نتایج بررسی‌های انجام شده نشان دهنده برتری شبکه‌های انفیس در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به مدل‌های میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه است.

روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به دنبال به‌کارگیری و ترکیب دو تکنیک هوش مصنوعی به نام‌های انفیس و ام جی جی پی جهت پیش‌بینی بازده سهام در کمترین زمان با بالاترین دقت می‌باشد، که در رشته حسابداری برای اولین بار انجام شده است.

جامعه آماری به‌کارگرفته‌شده در این تحقیق شامل تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۶ می‌باشد. نمونه آماری شامل شرکت‌هایی است که طبق شروط زیر همگن شده :

۱- از سال ۱۳۸۷ بورس پذیرفته شده و تا پایان دوره تحقیق سال ۱۳۹۶در بورس فعال باشند.

۲- پایان سال مالی آن‌ها ۲۹ اسفند ماه باشد.(زیرا اطلاعات این شرکت‌ها مربوط به دو سال می‌باشد و برای یکنواخت بودن سال مالی، از جامعه آماری حذف می‌شوند).

۳-جزء موسسه‌های مالی، سرمایه‌گذاری، بانک‌ها و شرکت‌های بیمه نباشد.(به دلیل ماهیت متفاوت صورت‌های مالی ازجمله نحوه گزارش درآمدها و هزینه‌ها در صورت سود و زیان)

۴-توقف معاملاتی بیش از ۳ ماه نداشته باشد.(ازآنجاکه وقفه‌های معاملات دسترسی به اطلاعات را محدود کرده و جهت بررسی فرضیات، اطلاعات صورت‌های مالی شرکت‌ها باید به‌صورت کامل و پیوسته،در دوره بررسی، در دسترس باشد،لذا شرکت‌هایی که در قلمرو زمانی پژوهش وقفه معاملاتی داشته‌اند را حذف می‌نماییم)

۵-اطلاعات موردنیاز جهت محاسبه متغیرهای عملیاتی تحقیق، برای آن‌ها در دسترس باشد.

بنابراین با توجه به بندهای فوق تعداد ۱۳۸ شرکت به‌عنوان نمونه تحقیق انتخاب شدند و برای هر یک از متغیرهای تحقیق تعداد ۱۳۸۰ داده – سال جهت بررسی سؤالات تحقیق استفاده شده است.

جهت جمع‌آوری داده‌ها برای پاسخ به سؤالات تحقیق از روش کتابخانه‌ای و مراجعه به آرشیوها استفاده شده است. داده‌های موردنیاز از طریق اطلاعاتی که توسط سازمان بورس اوراق بهادار تهران منتشرگردیده است جمع‌آوری و از نرم افزار ره آورد نوین نیز استفاده شده است.

در این تحقیق ، ابتدا لیستی از متغیرهای مستقل بکار برده شده در ادبیات تحقیق مربوط به پیش‌بینی بازده سهام [۴] تهیه که از نظر خبرگان نیز برای تکمیل این لیست، استفاده شده است. در مرحله بعدی داده‌های لازم برای متغیرهای مستقل (در مورد شرکت‌های پذیرفته شده در بورس و فرابورس اوراق بهادار) جمع‌آوری شده، سپس آزمون کولموگروف-اسمرینوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها به کارگرفته شد. در صورتی‌که داده‌ها نرمال باشند باید از روش‌های پارامتریک استفاده شود، در غیر این صورت از روش‌های ناپارامتریک برای بررسی‌های آماری استفاده می‌گردد. چنانچه سطح معناداری sigمربوط به آزمون کولموگروف-اسمرینف کوچک‌تر از ۰,۰۵ باشد بیانگر توزیع غیر نرمال داده‌ها می‌باشد، بنابراین از آزمون یو-من ویتنی به‌عنوان یک آزمون ناپارامتریک ، برای سنجش تفاوت میان اهمیت و کاربردپذیری نمونه‌ها استفاده می‌شود. برای این‌کار پس از تعیین لیست اولیه، یک پرسشنامه بر اساس مقیاس ۱ تا ۵ برای اندازه‌گیری اهمیت و کاربردپذیری متغیرها ، بین خبرگان ارائه و توزیع می‌شود. در واقع در این پرسشنامه ۱=خیلی ضعیف، ۲= ضعیف، ۳=متوسط، ۴=خوب و ۵=خیلی خوب می‌باشد. لازم به ذکر است که برای نشان دادن پایایی پرسشنامه نیز از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. نتایج آلفای کرونباخ بر اساس گزارش شخص کرونباخ باید بزرگ‌تر از ۰,۷ باشد تا پرسشنامه قابل قبول گردد.

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و انجام آزمون یومن ویتنی، ضریب پارامتر ρ برای اهمیت وکاربردپذیری هر یک از ورودی‌ها مشخص می‌شود. در برخی موارد این عدد کوچک‌تر از ۰,۰۵می‌باشد که بیانگر این موضوع می‌باشد که اختلاف مهمی بین اهمیت و کاربردپذیری در آن متغیر وجود دارد. درنتیجه فقط آن ورودی‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای ρبزرگ‌تر از ۰,۰۵ می‌باشند. پس از تعیین معیارهای مهم و کاربردپذیر، متغیرهای مهم و کاربردپذیر مشخص شده سپس با استفاده از روش انفیس مناسب‌ترین مجموعه از متغیرها برای پیش‌بینی متغیر وابسته انتخاب می‌شوند.

در این پژوهش از روش انفیس بدین صورت استفاده شده است که ابتدا هریک از متغیرهای حسابداری و مالی را برای پیش‌بینی بازده سهام بررسی و سپس میزان خطای آن‌ها در مدل‌سازی معین شدند، در واقع متغیرها به‌صورت مجموعه‌های دوتایی، سه‌تایی تا n-۱ تایی امتحان شدند تا مؤثرترین متغیرها (آن‌هایی که کمترین میزان خطا را در مدل‌سازی دارند) برای مدل‌سازی در ام جی جی پی استفاده شوند.در ادامه به وسیله تکنیک ام جی جی پی یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی بازده سهام، بر اساس متغیرهای مستقل منتخب ، ارائه گردید. با استفاده از روش ام جی جی پی (با به کارگیری نرم افزار ژن اکس پرو تولز) به ارائه یک مدل ریاضی می‌پردازیم. برای ارائه یک مدل ریاضی

دقیق ، داده‌ها به دو بخش آموزش و آزمایش تقسیم می‌شوند. وقتی مناسب‌ترین معادله ریاضی با بالاترین میزان دقت در بخش آموزش به‌دست آمد، باید میزان صحت (درستی) جواب در بخش آزمایش نیز برر سی شود. اگر در هر دوبخش جواب در ست بود آنگاه به یک معادله ریا ضی منا سب د ست پیدا کرده‌ایم.

الف: بخش آموزش: در این بخش، از ۷۵٪ کل داده های به دست آ مده، برای آموزش و یافتن مناسب‌ترین ساختار استفاده می‌شود (لازم به ذکر می‌باشد که این کار در تمامی روش‌های هوش مصنوعی پیش‌بینی اعم از شبکه عصبی، شبکه عصبی فازی، ماشین بردار پشتیبان، و غیره استفاده می گردد).

ب: بخش آزمایش: بعد از به د ست آوردن مناسب‌ترین معادله ریاضی برای پیش‌بینی بازده سهام بر اساس متغیرهای مستقل، میزان دقت مدل در بخش آزمایش نیز با ۲۵٪ باقی‌مانده داده‌های تحقیق اجرا می‌شود چنانچه نتایج به دست آمده در بخش آزمایش نیز دارای دقت بالا و خطای پائینی باشد می‌توان مدل ریاضی به‌دست آمده را دقیق و کاربردی دانست.

در پایان نتایج حا صل از مدل ترکیبی هو شمند ژنتیکی (انفیس –ام جی جی پی) با روش محض هو شمند ژنتیکی(ام جی جی پی)و با روش هو شمند سنتی (شبکه ع صبی پرو سپترون چند لایه) مقایسه شده تا دقت و سرعت مدل در پیش‌بینی بازده سهام به خوبی نمایان گردد. برای پیاده‌سازی از نرم‌افزارهای متلب، ژن اکس پرو تولز و اس پی اس اس ا ستفاده شده ا ست. آزمون‌های آماری متفاوتی برای بررسی دقت مدل نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای ارزیابی دقت مدل از دو روش آماری ضریب همبستگی[۲۵] و میانگین مربعات خطا[۲۶] مجموع مربعات خطا که در تمام پژوهش‌های هوش مصنوعی پیش‌بین به‌کارگرفته‌شده‌اند استفاده می‌شود.

$$R = \frac{(\sum_{i=1}^{n}(h_i-\overline{h_i})\,(t_i-\overline{t_i}))}{\sqrt{\sum_{1=1}^{n}(h_i-\overline{h_i})^2\ \sum_{i=1}^{n}(t_i-\overline{t_i})^2}}$$ فرمول ۱

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(h_i-t_i)^2}{n}$$ فرمول ۲

همچنین ازآزمون اسمیت (۱۹۸۶) نیز برای ارزیابی دقت مدل در پیش‌بینی‌ها استفاده می‌کنیم

الف: اگر۰/۸ <R ، مدل دارای دقت بالایی است؛

ب: اگر۰/۸>R> ۰/۳ مدل دارای دقت مناسب می‌باشد؛

ج: اگر $R^2 > ۰,۳$ مدل دارای دقت بسیار پایینی می‌باشد.

لازم به ذکر می‌باشد که این شروط زمانی که میزان خطا (میانگین مربعات خطا) در پایین‌ترین حد خود می‌باشد قابل اجرا هستند.

متغیرهای تحقیق

متغیرهای این تحقیق به‌منظور آزمون فرضیه‌ها، به دوگروه متغیرهای مستقل و وابسته تقسیم می‌شوند. که تمامی متغیرها با توجه به ادبیات تحقیق [۴] و نظر خبرگان انتخاب شده‌اند در این تحقیق با استفاده از آزمون یو من ویتنی و روش هوش مصنوعی انفیس مناسب‌ترین متغیرهای مستقل که بیشترین تأثیر را برروی بازده سهام دارند، تعیین می‌شوند.

جدول ۱: متغیرهای مستقل ؛(تمامی متغیرهای مستقل حسابداری و مالی هستند)

ردیف	نام متغیر	ردیف	نام متغیر	ردیف	نام متغیر
۱	سود خالص به فروش	۱۲	نسبت جاری	۲۳	نسبت جریان نقدی عملیاتی به سرمایه بکارگرفته‌شده
۲	سود ناخالص به فروش	۱۳	نسبت آنی	۲۴	گردش دارایی‌ها
۳	سود عملیاتی به فروش	۱۴	نسبت دارایی جاری	۲۵	دوره وصول مطالبات
۴	نسبت سود هر سهم	۱۵	نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها	۲۶	دوره گردش عملیات
۵	نسبت سود نقدی هر سهم	۱۶	نسبت گردش نقدینگی	۲۷	گردش مجموع دارایی‌ها
۶	نسبت سود تقسیمی هر سهم	۱۷	نسبت بدهی به دارایی	۲۸	نسبت بازده دارایی
۷	نسبت قیمت به سود هر سهم	۱۸	نسبت مالکانه	۲۹	نسبت حقوق صاحبان سهام
۸	نسبت ارزش دفتری به بازار هر سهم	۱۹	نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام	۳۰	نسبت بازده فروش
۹	نسبت بازده سرمایه به کار گرفته‌شده	۲۰	نسبت پوشش بهره	۳۱	نسبت بازده سرمایه در گردش
۱۰	نسبت جریان نقدی عملیاتی به سود عملیاتی	۲۱	گردش موجودی کالا	۳۲	نسبت بازده ارزش ویژه
۱۱	بازده کل سهامداران	۲۲	گردش سرمایه جاری		

متغیر وابسته(بازده سهام)

در این تحقیق متغیر وابسته بازده سهام می‌باشد که به‌عنوان متغیر خروجی شبکه انتخاب شده است و ما به پیش‌بینی آن می‌پردازیم.برای محاسبه بازده سهام از فرمول زیر استفاده شده است:

$$R = \frac{(1+\alpha_1+:\alpha_2)(P_1+D)-P_1-\alpha_1(1000)}{P_1+\alpha_1(1000)}$$ فرمول ۳

α_1: درصد افزایش سرمایه از محل مطالبات و آورده نقدی

α_2: درصد افزایش سرمایه از محل اندوخته‌ها

P_0 : قیمت سهم در ابتدای دوره

P_1 : قیمت سهم در انتهای دوره

قیمت اسمی هر سهم در ایران ۱۰۰۰ ریال است .

سؤالات پژوهش

۱- چه متغیرهایی مناسب‌ترین مجموعه از متغیرهای مستقل جهت پیش‌بینی بازده سهام می باشند؟ آیا روش انفیس در انتخاب منا سب‌ترین متغیرهای مؤثر بر بازده سهام به نحوی اثربخش عمل می‌کند؟

۲.- آیا مدل انفیس – ام جی جی پی می‌تواند یک مدل ریاضی ارائه کند که از لحاظ آزمون‌های آماری دارای دقت و سرعت بالاتری نسبت به مدل فرا ابتکاری ام جی جی پی محض باشد؟

۳- آیا دقت مدل انفیس – ام جی جی پی ارائه شده از روش‌های هوش مصنوعی پیش بین متداول مانند شبکه عصبی پروسپترون چندلایه بیشتر است؟

یافته‌های پژوهش

سوال اول) چه متغیرهایی مناسب‌ترین مجموعه از متغیرهای مستقل جهت پیش‌بینی بازده سهام می‌باشند؟ آیا روش انفیس در انتخاب مناسب‌ترین متغیرهای مؤثر بر بازده سهام به نحوی اثر بخش عمل می‌کند؟

پس از تعیین ۳۲ متغیر مستقل حسابداری و مالی طبق ادبیات تحقیق و نظر خبرگان، در مرحله بعدی داده‌های لازم برای متغیرهای مستقل (در مورد شرکت‌های پذیرفته شده در بورس و فرابورس اوراق بهادار) جمع‌آوری شده و پس از آن آزمون کولموگروف-اسمرینوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام می‌شود. سطح معناداری sigمربوط به آزمون کولموگروف-اسمرینف کوچک‌تر از ۰،۰۵

است، لذا توزیع داده‌ها غیرنرمال است؛ بنابراین از روش‌های ناپارامتریک برای بررسی‌های آماری استفاده می‌شـــود در واقع از آزمون یو-من ویتنی به‌عنوان یک آزمون ناپارامتریک، برای ســـنجش تفاوت میان اهمیت و کاربردپذیری نمونه‌ها ا ستفاده گردید. برای این‌کار پس از تعیین لیست اولیه، یک پر سشنامه براساس مقیاس ۱ تا ۵ برای اندازه‌گیری اهمیت و کاربردپذیری متغیرها، بین خبرگان ارائه و توزیع شد، در این پر سشنامه ۱=خیلی ضعیف، ۲= ضعیف، ۳=متو سط، ۴=خوب و ۵=خیلی خوب می‌با شد. لازم به ذکر است که برای نشان دادن پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است، طی بررسی انجام شده در تمامی موارد ضریب آلفا کرونباخ بزرگ‌تر از ۰,۷ می‌باشد. بنابراین پایایی پر سشنامه مورد تائید واقع شد.

پس از جمع‌آوری پرســـشـــنامه‌ها و انجام آزمون یومن ویتنی ، ضـــریب پارامتر ρ برای اهمیت و کاربردپذیری هر یک از ورودی‌ها م شخص شد که در برخی موارد کوچک‌تر از ۰,۰۵ ا ست و بیانگر این موضوع می‌باشد که اختلاف مهمی بین اهمیت و کاربردپذیری در آن متغیر وجود دارد. بنابراین فقط آن ورودی‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای بزرگ‌تر از ۰,۰۵ می‌باشند. نتیجه نهایی نشان داد که از بین ۳۲ متغیر اولیه، ۲۲ متغیر (جدول ۲) مناســـب‌ترین (مهم‌ترین و کاربردپذیرترین) متغیرهای مســـتقل می‌با شند. پس از تعیین معیارهای مهم وکاربردپذیر، با ا ستفاده از روش انفیس منا سب‌ترین مجموعه از متغیرها برای پیش‌بینی متغیر وابسته انتخاب می‌شوند.

جدول۲: متغیرهایی که در مرحله پرسشنامه انتخاب شدند

ردیف	متغیرها	ρ	شماره
۱	نسبت جریان نقدی عملیاتی به سرمایه به‌کارگرفته‌شده	۰,۳۲	A1
۲	سود ناخالص به فروش	۰,۱۱	A10
۳	سود عملیاتی به فروش	۰,۵۶	A11
۴	نسبت سود تقسیمی هر سهم	۰,۹۸	A14
۵	نسبت بدهی به دارایی	۰,۳۱	A34
۶	نسبت حقوق صاحبان سهام	۰,۲۱	A25
۷	نسبت قیمت به سود هر سهم	۰,۴۰	A15
۸	نسبت بازده سرمایه به‌کارگرفته‌شده	۰,۷۱	A17
۹	نسبت جریان نقدی عملیاتی به سود عملیاتی	۰,۱۲	A18
۱۰	سود خالص به فروش	۰,۱۱	A9
۱۱	نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام	۰,۲۷	A36
۱۲	نسبت سود قبل از کسر مالیات فروش	۰,۵۷	A26

۱۳	نسبت گردش نقدینگی	۰,۰۹	A33
۱۴	گردش سرمایه جاری	۰,۲۱	A19
۱۵	تورم	۰,۳۲	A7
۱۶	دوره وصول مطالبات	۰,۷۹	A21
۱۷	نسبت مالکانه	۰,۳۱	A35
۱۸	گردش مجموع دارایی‌ها	۰,۹۰	A23
۱۹	نست جاری	۰,۱۰	A29
۲۰	نسبت ارزش دفتری به بازار هر سهم	۰,۶۰	A16
۲۱	گردش موجودی کالا	۰,۳۲	A38
۲۲	نسبت بازده دارایی	۰,۳۱	A24

اجرای روش انفیس

برای اجرای انفیس از دستور Exhsrch استفاده می‌شود در این دستور پارامتری بنام S وجود دارد، این پارامتر بیانگر تعداد متغیرها اســـت. به‌طور مثال، اگر S=1 باشـــد، انفیس اثر هر یک از متغیرهای مستقل را برای پیش‌بینی بازده سهام (متغیر وابسته) بررسی می‌نماید. اگر S=2 باشد، انفیس اثر دو متغیر مستقل را به‌صورت هم‌زمان برای پیش‌بینی بازده سهام بررسی می‌نماید. اگر S=3باشد، اثر سه متغیر مستقل هم‌زمان برای پیش‌بینی متغیر وابسته بررسی می‌گردد. این فرایند برای تمامی ۲۲ متغیر در این تحقیق اجرا می‌گردد، و آن دســـته از متغیرها که دارای کمترین میزان خطا هســـتند به‌عنوان مجموعه‌ای از متغیرها که با یکدیگر بیشترین تأثیر را بر روی متغیر بازده سهام دارند انتخاب می شوند. بعد از اجرای انفیس مشخص شد ، ۱۱ متغیر که با یکدیگر بیشترین تأثیر را بر روی متغیر وابسته دارند به شرح جدول شماره ۳ می‌باشد.

جدول۳: متغیرهای مستقلی که با یکدیگر بیشترین تأثیر (کمترین میزان خطا) را بر روی متغیر وابسته دارند

ردیف	متغیرها	ردیف	متغیرها
۱	نسبت سود خالص؛	۷	نسبت قیمت به سود هر سهم
۲	نسبت سود ناخالص	۸	نسبت بازده سرمایه به‌کارگرفته‌شده
۳	نسبت سود عملیاتی	۹	نسبت جریان نقدی عملیاتی به سود عملیاتی
۴	نسبت سود تقسیمی هر سهم	۱۰	سود قبل از کسر مالیات به فروش
۵	بازده دارایی‌ها حاصل نسبت سود خالص به میانگین دارایی‌ها	۱۱	نسبت جریان نقدی عملیاتی به سرمایه به‌کار گرفته‌شده
۶	نسبت حقوق صاحبان سهام	۱۲	

سوال دوم) آیا تکنیک انفیس – ام جی جی پی می‌تواند یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی بازده سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار ارائه دهد که نسبت به مدل فرا ابتکاری محض ام جی جی پی دارای دقت و سرعت بالاتری باشد ؟

پس از تعیین مؤثرترین متغیرهای مستقل که با یکدیگر بیشترین تأثیر را بر روی متغیر وابسته دارند به و سیله انفیس ، داده‌های مربوطه جمع‌آوری می شوند و با ا ستفاده از روش ام جی جی پی (با استفاده از نرم افزار ژن اکسپرو تولز) به ارائه یک مدل ریاضی می‌پردازیم. داده‌های مربوط به این بخش (که بر اساس ۱۱ متغیر اصلی می‌باشند) به دو بخش آموزش و آزمایش تقسیم می شوند. وقتی مناسب ترین معادله ریا ضی با بالاترین میزان دقت در بخش آموزش به‌د ست آمد، باید میزان صحت (در ستی) جواب در بخش آزمایش نیز بررسی شود. اگر در هر دوبخش جواب درست بود آنگاه به یک معادله ریاضی مناسب دست پیدا کرده‌ایم.

الف: بخش آموزش:

در این بخش، ۷۵درصد کل داده‌های به دست آمده، برای آموزش و یافتن مناسب‌ترین ساختار استفاده می‌شود (لازم به ذکر می‌باشد که این کار در تمامی روش‌های هوش مصنوعی پیش‌بینی اعم از شبکه عصبی، شبکه عصبی فازی، ما شین بردار پشتیبان، و غیره ا ستفاده می‌گردد). از آنجایی که این کار برای اولین بار در زمینه حسابداری با این تعداد از متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد، پیدا کردن منا سب‌ترین ساختار امری ب سیار زمان بر و طولانی می‌با شد. جدول ۴ بهینه‌ترین ساختار بر ا ساس پارامترهای موجود در رویکرد ام جی جی پی را نشان می‌دهد.

جدول ۴: ساختار ام جی جی پی برای پیش‌بینی بازده سهام

	Parameters	Value
General	Chromosomes	40
	Function set	×,/,+,-, power (x, y*) ,e^r,Cos, Sin, Atan
	Number of genes	4
	Head size	10
	Linking function	+
Fitness Function	RMAE	
Genetic Operators	Mutation rate	0.033
	One- point recombination rate	0.3
	Two- point recombination rate	0.4
	Gene recombination rate	0.5
	Gene transportation rate	0.5
Numerical Constant	Constants per gene	3

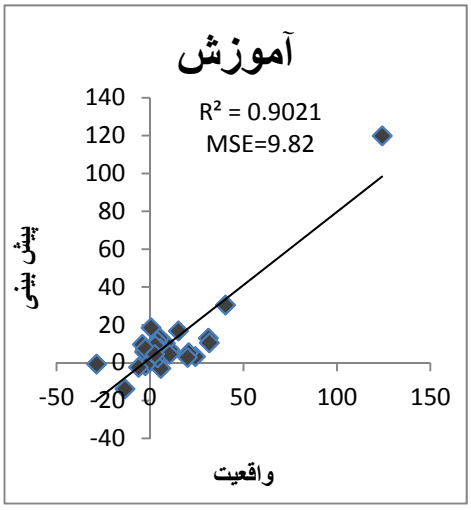
	Data type	Floating Point
	Lower bound	-5
	Upper bound	+5
Number of Run		126

$$Y = \left[x_9 + \frac{Cos(x_8 + x_6)^3}{(x_6 + x_1) - Sin(x_8)}\right] + \left[Cos(x_{10}) - (x_{11})^2 + x_1 + x_4 + \frac{x_4}{x_9}\right] + [e^{x_9} - x_2 + x_1]$$
$$+ \left[x_8 - Cos\left(x_7 + (x_7 + x_9)^2 + Atan\left((x_5) \times (x_{11})\right)\right)\right] + [e^{x_9}]$$
$$+ \left[Cos(x_{10}) - (x_{11})^2 + x_1 + x_4 + \frac{x_4}{x_9}\right]$$

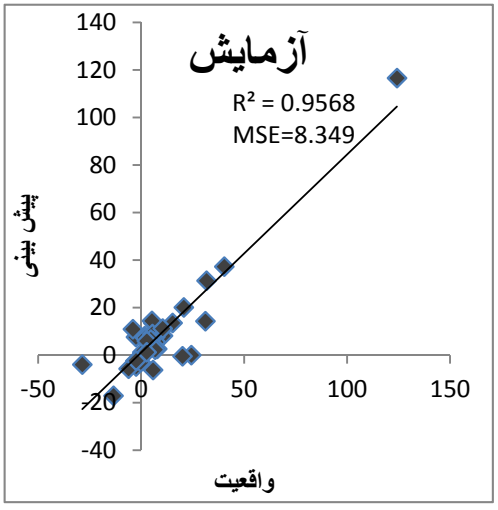
X1 =نسبت سود خالص	X2 =نسبت سود ناخالص
X3= نسبت سود عملیاتی	X4= نسبت سود تقسیمی هر سهم
X5= بازده دارایی‌ها حاصل نسبت سود خالص به میانگین دارایی‌ها	X6= نسبت حقوق صاحبان سهام
X7= نسبت قیمت به سود هر سهم	X8= نسبت بازده سرمایه به کار گرفته‌شده
X9= نسبت جریان نقدی عملیاتی به سود عملیاتی	X10= سود قبل از کسر مالیات به فروش
X11= نسبت جریان نقدی عملیاتی به سرمایه به کار گرفته‌شده	

ب: بخش آزمایش

بعد از به د ست آوردن منا سب‌ترین معادله ریا ضی برای بازده سهام بر ا ساس ۱۱ متغیر م ستقل، میزان دقت مدل در بخش آزمایش مورد بررســـی قرار می‌گیرد. نمودارهای۱ و۲ دقت مدل را در بخش های آموزش و آزمایش نشان می‌دهد.



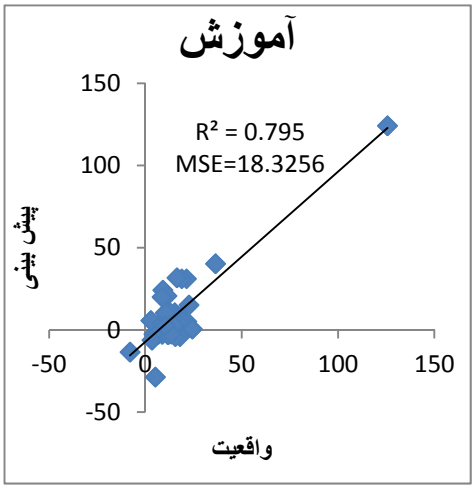
نمودار۱: دقت مدل در بخش آموزش



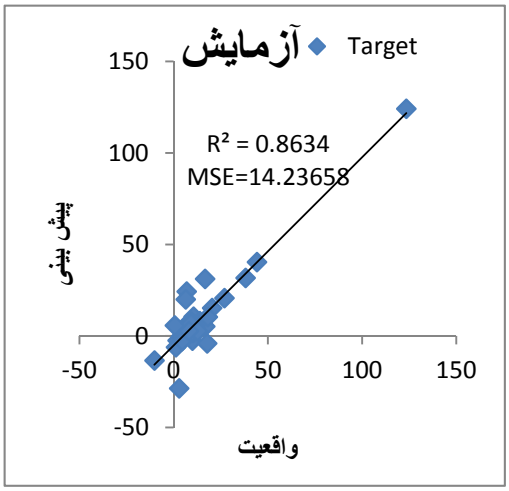
نمودار۲: دقت مدل در بخش آزمایش

همان‌طور که مشـــاهده می‌شـــود، روش ام جی جی پی بعد از به‌کارگیری انفیس جهت تعیین مناسب‌ترین متغیرهای ورودی توانست بعد از ۱۲۶ اجرای متفاوت مناسب‌ترین مدل را ارائه نماید که در بخش آموزش و آزمایش دارای دقت بسیار بالایی می‌باشد.

در واقع این بخش به برر سی اثر انفیس به‌عنوان ابزاری برای تعیین مؤثرترین متغیرهای مستقل در روند مدل‌سازی اشاره دارد. هدف از این بخش بررسی اثر انفیس در زمان و دقت مدل‌سازی می‌باشد. به همین جهت در ادامه پیش‌بینی بازده سـهام را بدون اسـتفاده از تکنیک انفیس و فقط با تکنیک محض ام جی جی پی و با به‌کارگیری ۲۲ متغیر منتخب انجام می‌دهیم. نتایج در نمودارهای ۳و ۴ نشـــان می‌دهد که ام جی جی پی به تنهایی پس از ۹۶۸ اجرای متفاوت با دقت پایین‌تر هم در آموزش و هم در آزمایش توانایی ارائه یک مدل را دارا می‌باشـــد. زیرا همان‌طور که در مقایســـه نمودارهای ۱و ۲ با نمودارهای ۳و ۴ مشاهده می‌شود ضریب تعیین در بخش آموزش و آزمایش در مدل انفیس-ام جی جی پی بالاتر از مدل ام جی جی پی محض اســـت ، همچنین مجذور مربعات خطا نیز در هر دو بخش آموزش و آزمایش در مدل انفیس-ام جی جی پی پایین‌تر از مدل ام جی جی پی محض اســـت. ضـــمن آنکه دفعات اجرا در مدل انفیس- ام جی جی پی ۱۲۶ دفعه و در مدل ام جی جی پی محض ۹۶۸ دفعه می‌باشد که نشان دهنده سرعت بالاتر پیش‌بینی در مدل انفیس – ام جی جی پی نسبت به مدل ام جی جی پی محض می‌باشد .



نمودار۳: دقت مدل در بخش آموزش



نمودار ۴: دقت مدل در بخش آزمایش

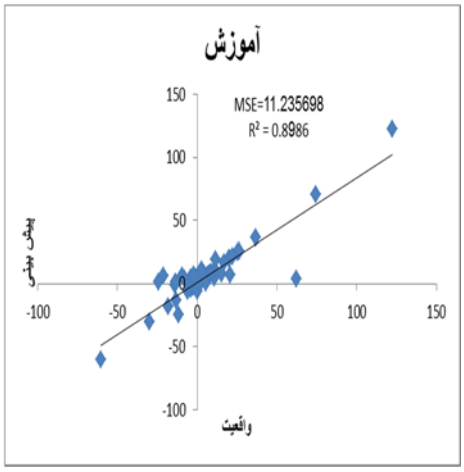
سوال سوم)آیا مدل انفیس _ ام جی جی پی ارائه شده از لحاظ آزمون‌های آماری دارای دقت بالاتری نسبت به شبکه‌های عصبی می‌باشد؟

جهت پاسخ ، در این پژوهش از روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه [۲۷] استفاده می‌گردد. مانند مدل انفیس – ام جی جی پی داده‌های یکسانی برای آموزش و آزمایش به شبکه عصبی پرسپترون چندلایه داده می‌شود. سپس نتایج از لحاظ ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا در هر دو بخش آموزش و آزمایش مورد بررسی قرار می‌گیرند. لازم به ذکر می‌باشد که برای به‌دست آوردن مناسب‌ترین ساختار شبکه عصبی پرسپترون چندلایه برای پیش‌بینی سهام، ۲۸۹ اجرای متفاوت با ساختارهایی متفاوت انجام شد. جدول ۵. پارامترهای بهینه برای ساختار شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

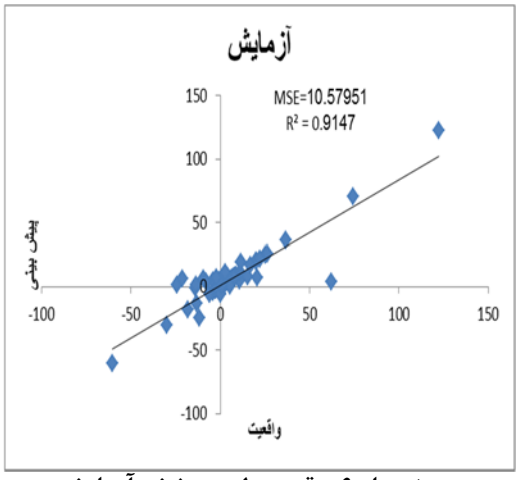
جدول ۵ : پارامترهای شبکه عصبی

شبکه عصبی چند لایه (MLP)	خروجی
لایه‌های پنهان	۱
تعداد نرون در هر لایه پنهان	۳
تابع تحریک	Tanh X)
قانون یادگیری در لایه پنهان اول	Momentum
تابع تحریک خروجی	Linear Sig (X)
تعداد گردش	۱۰۰۰

همانطورکه در نمودارهای ۵ و۶ ملاحظه می‌شود ، نتایج نشان می‌دهد که روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در پیش‌بینی بازده سهام در هر دو بخش آموزش و آزمایش بسیار مناسب عمل می نماید. بطوریکه مقادیر ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا در آموزش برابر ۰,۸۹۳۵و ۱۱,۲۳۵۶۹۸و این مقادیر در بخش آزمایش برابر ۰,۹۱۴۷ و ۱۰,۵۷۹۵۱ می‌باشد. در واقع می‌توان گفت که از لحاظ دقت در پیش‌بینی شبکه عصبی پروسپترون چند لایه دارای عملکرد بالایی می‌باشد.



نمودار ۵: دقت مدل در بخش آموزش



نمودار ۶: دقت مدل در بخش آزمایش

ولی از لحاظ عملی و کاربردی باید به این نکته توجه کرد که :چگونه مدیران می‌خواهند از این ساختار نرونی (شامل نرون، لایه پنهان، تابع تحریک و ...) در دنیای واقعی استفاده کنند؟چگونه می‌توان بر ا ساس ساختار نرونی به‌د ست آمده به رابطه بین متغیرهای م ستقل و بازده سهام پی برد؟ درنتیجه می‌توان بیان نمود که در دنیای واقعی کاربرد روش‌های نرونی مانند شبکه عصبی، شبکه عصبی فازی و ... بسیار بسیار پایین می‌با شد ؛ زیرا همان‌طور که قبلاً ا شاره شد از م شکلات ا صلی در ساختار شبکه عصبی مصنوعی موارد زیر است:

الف) تعیین یک مجموعه بهینه از متغیرهای ورودی؛ زیرا انتخاب متغیرهای ورودی به‌طور مستقیم بر دقت پیش‌بینی اثرگذار است.

ب) نبود روشی منحصربه‌فرد برای تعیین تعداد نرون‌ها در لایه‌ی پنهان؛ پژوهشگران به‌صورت تجربی و آزمون و خطا این تعداد را مشخص می‌کنند.

ج) همچنین شبکه عصبی نمی‌تواند یک مدل ریاضی برای متغیر وابسته بر اساس متغیرهای مستقل ارائه دهد؛ درنتیجه نمی‌توان به بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته پرداخت.

بنابراین می‌توان بیان نمود، استفاده از شبکه عصبی فقط و فقط می‌تواند یک عدد به‌عنوان پیش بینی به محقق ارائه دهد، ولی هیچ رابطه‌ای حتی به کم‌دقتی رگرسیون نیز نمی‌تواند ارائه دهد. زمان لازم جهت پیش‌بینی در این روش نیز وقت‌گیر و زمان‌براست چون به روش آزمون و خطا باید متغیرهای ورودی را تعیین نمود لذا همان‌طور که ملاحظه می‌شود به دفعات اجرای بیشتری نیاز دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای تعیین مناسب‌ترین و مؤثرترین متغیرهای مستقل که هم‌زمان با یکدیگر بیشترین تأثیر را بر روی بازده سهام داشته باشند از سیستم استنتاج عصبی – فازی سازگار (انفیس) استفاده شد و با استفاده از برنامه نویسی ژنتیک چند ژنی(ام جی جی پی) و ادغام این دو مدل یک مدل هوشمند ژنتیک به نام انفیس- ام جی جی پی ارائه گردید تا نسبت به سایر مدل‌های فرا ابتکاری نظیر مدل ام جی جی پی محض بدون استفاده از انفیس و مدل‌های سنتی شبکه عصبی یک مدل ریاضی با دقت و سرعت بالا در پیش‌بینی ارائه دهد؛ به این صورت‌که ابتدا با استفاده از تکنیک انفیس به این نتیجه رسیدیم که از بین ۳۲ متغیرحسابداری مستقلی که تعیین شدند یازده متغیر مناسب‌ترین متغیرها می‌باشند که با یکدیگر بیشترین تأثیر را بر روی بازده سهام خواهند داشت. سپس داده‌ها به دو بخش آموزش و آزمایش تقسیم شدند. از داده‌های آموزش برای بهینه‌سازی ساختار ام جی جی پی استفاده شد، و بعد از به‌دست آوردن مناسب‌ترین معادله ریاضی با بالاترین میزان دقت، از داده‌های آزمایش به‌عنوان داده‌های ندیده شده[۲۸] برای بررسی میزان دقت و قدرت مدل در پیش‌بینی بازده سهام استفاده شد. نتایج نشان دادند که مدل انفیس – ام جی جی پی هم در آموزش و هم در آزمایش دارای دقت بالایی می‌باشند زیرا بر اساس مدل اسمیت میزان ضریب همبستگی در هر دو بخش آموزش و آزمایش مقداری بالاتر از ۰٫۸ دارد.در واقع مشخص شد قدرت انفیس موجب بالا بردن دقت مدل و کاهش زمان مدل‌سازی می‌شود. همانطورکه بیان گردید، انفیس به‌عنوان ابزاری برای انتخاب مناسب‌ترین متغیرهای ورودی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که وقتی ابزاری بنام انفیس به‌عنوان انتخابگر متغیر ورودی حذف می شود ، زمان به‌دست آوردن مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی بسیار افزایش می‌یابد، همچنین دقت مدل از لحاظ ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا به‌شدت کاهش می‌یابد. یافته در این بخش حاکی از مؤثر بودن انفیس در کاهش زمان مدل سازی (پیش‌بینی) و افزایش قدرت تخمین (برآورد) می‌باشد.ضمناً دقت و سرعت مدل ترکیبی ارائه شده از روش‌های هوش مصنوعی پیش بین سنتی مانند شبکه عصبی نیز بیشتر است . یافته‌ها در این بخش ثابت کردند که قدرت مدل‌های پیش‌بین ژنتیکی بسیار بالاتر از قدرت مدل‌های پیش‌بین نرونی می‌باشند. در واقع مدل‌های پیش‌بین ژنتیکی نه‌تنها دارای دقت بالاتری هستند بلکه ضعف روش‌های پیش‌بین نرونی مانند شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و دیگر مدل‌های موجود در این زمینه را که به‌عنوان جعبه سیاه شناخته می شوند، برطرف می‌کنند. در جدول شماره ۶ تأثیر به‌کارگیری مدل انفیس در سرعت و دقت پیش‌بینی نسبت به سایر مدل‌های فرا ابتکاری را می‌توان مشاهده کرد .

جدول ۶: مقایسه نتایج حاصل از مدل‌های مختلف فرا ابتکاری در دقت و سرعت پیش‌بینی

عنوان مدل	ضریب تعین		میانگین مربعات خطا		تعداد دفعات اجرا (سرعت مدل)
	آموزش	آزمایش	آموزش	آزمایش	
روش انفیس – ام جی جی پی	۰,۹۰۲۱	۰,۹۵۶۸	۹,۸۲	۸,۳۴۹	۱۲۶ اجرا
روش ام جی جی پی محض	۰,۷۹۵	۰,۸۶۳۴	۱۸,۳۲۵۶	۱۴,۲۳۶۶	۹۶۸ اجرا
روش شبکه عصبی پروسپترن چند لایه	۰,۸۹۳۵	۰,۹۱۴۷	۱۱,۲۳۵۶	۱۰,۵۸۰	۲۸۹ اجرا

همان‌طور که در جدول ۶ فوق م شاهده می شود هم در بخش آموزش و هم در بخش آزمایش مدل انفیس – ام جی جی پی ارائه شده نسبت به سایر مدل‌های هو شمند مدرن و سنتی فرا ابتکاری هم دقت و هم ســـرعت بالاتری دارد. در واقع مدل انفیس – ام جی جی پی این خلأ تحقیقاتی را از بین برده و به سبب آنکه مدلی ریاضی جهت پیش‌بینی ارائه می‌نماید نسبت به مدل‌های سنتی فرا ابتکاری نظیر شبکه‌های عصبی کاربردی‌تر می‌باشد و با ارائه یک معادله ریاضی بسیار دقیق برای متغیر خروجی (بازده ســـهام) بر اســـاس متغیرهای ورودی، محققین، مدیران و ســـرمایه‌گذاران در امر بورس را قادر به تجزیه و تحلیل اثر هر یک از متغیرها در دنیای واقعی نموده و به آن‌ها کمک می‌کنند تا درک بهتری از واقعیت و آینده داشته باشند. علاوه براین نسبت به سایر مدل‌های فرا ابتکاری پیش‌بینی را با سرعت و دقت بالاتری انجام می‌دهد.

در مطالعات قبلی تعداد متغیرهای مســـتقل به‌طور قابل ملاحظه‌ای‌کم و همچنین عموماً متغیرها، اقتصادی بوده‌اند اما در این تحقیق با استفاده از مقالات متعدد [۴] و نظرخبرگان از تعداد زیادی متغیر پرکاربرد حســابداری و مالی(۳۲متغیر) اســتفاده شــده‌اســت. به‌طور مثال اینک و ترافالیس[۲۲] از پنج متغیر مستقل به نام‌های نسبت سود عملیاتی، نسبت سود تقسیمی هر سهم، نسبت حقوق صاحبان سهام، نسبت جریان نقدی عملیاتی به سود عملیاتی و سود خالص به فروش برای پیش‌بینی بازده سهام استفاده نمودند. یاوون و سو[۳۱] از چهار متغیر نسبت قیمت به سود هر سهم، نسبت بازده سرمایه به کارگرفته شده، نسبت جریان نقدی عملیاتی به سود عملیاتی، سود خالص به فروش برای تخمین بازده سهام استفاده نمودند.این تحقیق یک تحقیق پیش رو در استفاده از هوش مصنوعی(ام جی جی پی) در رشته حسابداری می‌باشد. با بررسی ادبیات تحقیق می‌توان دید که بسیاری از محققین داخلی و خارجی از روش‌های هوش مصنوعی قدیمی مانند شبکه عصبی، شبکه عصبی فازی و ماشین بردار پشتیبان برای برآورد بازده سهام استفاده نموده‌اند. ولی در هیچ کدام از این تحقیقات به موضوع ضعف این روش‌ها در ارائه یک مدل ریاضی دقیق اشاره نشده است. در این نوع تحقیقات محققین فقط بیان

نمودند که یک ساختار نرونی که دارای چندین لایه پنهان، تعدادی نرون در هر لایه و ... می‌باشد که می‌تواند متغیر خروجی را با دقتی بالا پیش‌بینی نماید. ولی هرگز به موضوع کاربرد پذیری چنین تحقیقاتی در دنیای واقعی در بازار بورس نپرداختند. برای مثال، شتا و همکاران[۳۰] از روش ماشین بردار پشتیبان برای پیش‌بینی بازده سهام استفاده نمودند ولی نکته مهم این است ؛ ماشین بردار پشتیبان که به‌عنوان یک جعبه سیاه، قادر به ارائه معادله ریاضی بین متغیرهای مستقل و وابسته نمی‌باشد؛ چگونه می‌تواند در دنیای واقعی به مدیران و سرمایه‌گذاران کمک نماید. بسیاری دیگر از محققین نیز فقط و فقط از چنین روش‌هایی برای انجام تحقیقات خود استفاده نمودند که عملاً در دنیای واقعی هیچ نوع کاربرد پذیری نخواهد داشت ازجمله چوهان و همکاران[۱۸]، فلاحپور و همکاران[۲۰]، ملک[۲۴] و غیره. این تحقیق می‌تواند برای تحلیل‌گران بازار بورس نیز به شکلی کاربردی مورد استفاده قرار گیرد تا خدمات مشاوره‌ای ارزشمندتری را در اختیار سرمایه‌گذارانی که قصد سرمایه‌گذاری در بورس را دارند، قرار دهند.همچنین می‌تواند برای سرمایه‌گذاران نهادی و فردی بسیار مناسب و کاربردی باشد، زیرا به آن‌ها این قابلیت را می‌دهد تا بتوانند رفتار بازار بورس را به نحو بهینه‌تری تجزیه و تحلیل کرده تا بازده سهام را به شکلی دقیق‌تر پیش‌بینی نمایند.

جهت پژوهش‌های آتی نیز به محققان پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:

۱- پیشنهاد می‌شود تا از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی[۲۹] برای اندازه‌گیری درجه اهمیت هر یک از متغیرهای ورودی تعیین شده در این مطالعه استفاده شود و نتایج آن با نتایج به‌دست آمده از روش انفیس برای انتخاب فاکتورهای ورودی مقایسه گردد.

۲-پیشنهاد می‌شود به‌جای برنامه نویسی ژنتیک چند ژنی مورد استفاده در این تحقیق از سایر مدل‌های برنامه نویسی ژنتیک مانند برنامه نویسی بیان ژن[۳۰] یا برنامه نویسی ژنتیک خطی[۳۱] استفاده و آن را با روش ماشین بردار پشتیبان جهت پیش‌بینی بازده سهام مقایسه نمود.

۳-پیشنهاد می‌شود تا روش‌های دیگری برای انتخاب ورودی بجای روش انفیس استفاده شود، مانند روش دلفی همچنین پیشنهاد می‌شود تا علاوه بر متغیرهای حسابداری از متغیرهای دیگر مانند متغیرهای اقتصادی نیز استفاده شود.

منابع

۱) احمدی فر،مریم.(۱۳۹۱).مدلی ترکیبی بر پایه سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی برای پیش‌بینی بازده سهام.نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع.

۲) آذر، عادل و سیروس کریمی. (۱۳۸۸).پیش‌بینی بازده سهام با استفاده از نسبت‌های حسابداری با رویکرد شبکه‌های عصبی.تحقیقات مالی.دوره

۳) بت شکن، محمود.(۱۳۸۰). پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی-فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی. رساله دکتری.دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

۴) برزگری خخانقاه ، جمال و جمالی، زهرا، پیش‌بینی بازده سهام با استفاده از نسبت‌های مالی؛ کنکاشی در پژوهش‌های اخیر، پژوهش‌های حسابداری و حسابرسی ، دوره ۶ ، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحه ۷۱ تا ۹۲.

۵) بیگی، م.عبدالوند، ا. ۱۳۹۶." پیش‌بینی قیمت سهام با رویکرد ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب" راهبرد مدیریت مالی. شماره۵.

۶) ثقفی،علی.(۱۳۷۲).فرضیه بازار مؤثر (کارا) اوراق بهادار و تأثیر آن در حسابداری.مجموعه مقالات حسابرس.شماره یک.

۷) ثقفی ، علی و شعری ، صابر (۱۳۸۳) نقش اطلاعات بنیادی حسابداری در پیش‌بینی بازده سهام، فصلنامه مطالعات تجربی حسابداری مالی ، دوره ۲، شماره ۸، زمستان ۱۳۸۳، صفحه ۸۷-۱۲۰.

۸) دولو، مریم و حیدری، تکتم ، پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های فرا ابتکاری جستجوی هارمونی و الگوریتم ژنتیک، فصلنامه اقتصاد مالی ، دوره ۱۱، شماره ۴۰، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۱ تا ۲۴

۹) راعی،رضا(۱۳۷۷).طراحی مدل سرمایه گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از هوش مصنوعی(شبکه‌های عصبی).رساله دکتری مدیریت مالی، دانشگاه تهران.

۱۰) راعی،رضا و کاظم چاوشی.(۱۳۸۲). پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل چند عامل. تحقیقات مالی.شماره ۱۲۵.بهار و تابستان.

۱۱) طبیبی راد،محمد.(۱۳۹۰). پیش‌بینی نسبت های مالی با استفاده از شبکه های عصبی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران.پایان‌نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.

۱۲) طلوعی اشلقی، عباس و حق‌دوست، شادی. (۱۳۸۴). مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی. پژوهشنامه اقتصادی.

۱۳) منجمی ، امیرحسین و همکاران ، پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه عصبی فازی و الگوریتم‌های ژنتیک و مقایسه آن با شبکه عصبی مصنوعی، مجله اقتصاد مقداری ، پاییز ۱۳۸۶ ، دوره ۶ ، شماره ۳ پیاپی ، صفحه ۱ تا ۲۶

۱۴) نمازی، محمد.(۱۳۸۶).پیش‌بینی بازده روزانه سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی.تحقیقات مالی.شماره ۲۴.پاییز و زمستان.

۱۵) نمازی، محمد و رستمی، نورالدین. بررسی رابطه بین نسبت‌های مالی و نرخ بازده سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی۱۳۸۵.شماره۴۴.

16) Ahmadifar, M., Zaranejad, M., Forecasting Stock Returns by Hybrid Models Based on neuro-fuzzy inference systems, 9nd International Conference on Industrial Engineering, 2011

17) Binghui, w., ting ting, D., A Performance Comparison of Neoral Networks in Forecasting Stock Price Trend, the Journal of Financial Management Strategy, 2017, Volume 10, Issue 1, Pages 336-346, doi:10.2991/ijcis.2017.10.1.23.

18) Chauhan, B., Bidave, U., Gangathade.A, Kale.S , Stock Market Prediction Using Artificial Neural Networks, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 2014, Iss. 3 Vol.21, pp. 263-280. Doi: 10.1016/j.jefas.2016.07.002.

19) Fallahpour, A., Kazemi, N., Molani, M., Nayyeri, S., and Ehsani,M., An Intelligence-Based Model for Supplier Selection Integrating Data Envelopment Analysis and Support Vector Machine, Iranian Journal of Management Studies, vol. 11, pp. 209-241, 2018doi:10.22059/ijms.2018.237965.672750.

20) Fallahpour, A., Olugu, E.U., Musa, S.N., Khezrimotlagh, D., Wong, K.Y., An integrated model for green supplier selection under fuzzy environment: application of data approach, Neural Computing and envelopment analysis and genetic programming Applications, vol. 27, pp. 707-725, 2016 doi: 10.1007/s00521-015-1890-3.

21) Gholamnejad, J. et al., Comparison of Artificial Neural Networks and Multivariate Linear Regression Classification Techniques in Metal Recovery Estimation , Journal of Mineral Resources Engineering (JMRE) , Volume 5 , No 2 , Autumn 2019 , Pagee 21-41 ,doi: 10.30479/jmre.2019.10997.1284.

22) Ince, H., Trafalis,B., Ua Hybrid Forecasting Model for Stock Market Prediction, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 2017, Iss. 3, Vol.21, pp. 263-280.
23) Karyl, Q. C. et al, 2005, "Acompurision between Fama and French Model and Artificial Neural Network in predicting the Chinese Stock Market". Computer and Operations research, Vol 32.PP 2499-(2512).
24) Melek, A. B., et al, 2010, An Adaptive network based Fuzzy Inference System (ANFIS) for the prediction of stock market return: The case of the Istanbul stock Exchange. Export system with application, 2010, doi: 10.1016/j.eswa.2010.04.045.
25) Rajabpour, E., Taghva, M.R., Hossienzadeh Yazdi, M.A., Baba Ahmadi, S., Predicting the Stock Price of Companies in Tehran Stock Exchange Using Artificial Neural Networks, the Journal of Accounting New Researchs, Volume 2, Issue 4, Summer 2014, Pages 45-57.
26) Takagi, T., Sugeno, M., Fuzzy identification of system and its application to modeling and control", IEEE Trans. Syst. Man, Cybern,1985,Vol.SMC-15, No. 1, pp. 116-132. doi.:10.1109/TSMC.1985.6313399.
27) Tan, H., Prokhorov, K., & Wunsch, K., Conservative Thiry Calendar Stock Prediction Using a Probabilistic Neural Networks, Proceedings of Computational Intelligence for Financial Engineering Conference, 1995, doi:10.1109/CIFER.1995.495262.
28) Tavana, M.,Fallahpour, M.A., Caprio, D.Di., and Santos-Arteaga, F.J., A hybrid intelligent fuzzy predictive model with simulation for supplier evaluation and selection, Expert systems with applications, vol. 61, pp. 129-144, 2016. doi:10.1016/j.eswa.2016.05.027.
29) Trinkel, B.S., Forecasting annual excess stock returns via an adaptive network based fuzzy inference system, Intelligent system in Accunting Finance and Management, 2006, 13(3), 165-177. doi:10.1002/isaf.264
30) sheta, A. et al., A Comparison between Regression Artifical Neural Networks and Suppport Vector Machines for Prodicting Stock Market Index, International Journal of Advance Research in Artificial Intelligence, Volume 4, Issue 7, 2015, Pages 55-63 doi:10.14569/ljaral.2015.040710.
31) Yuan, Y. Su, M. 2017. "Research on the Prediction of Stock Market Based on BP

یادداشت‌ها :

1 Adaptive Neuro_fuzzy Inference System(ANFIS)
2 Multi Gene Genetic Programming (MGGP)
3 Black Box
4 Genetic Programming (GP)
5 Adaptive Neuro_fuzzy Inference System
6 Multi Gene Genetic Programming (MGGP)
7 Multi-Layer Perceptron (MLP)
8 INCE & TRAFALİS
9 independent component analysis
10 Dow-Jones
11 Nasdaq
12 S&P500
13 Karil et al.
14 Yaoun & Su
15 Sheta etal.
16 Chauhan et al.
17 ARIMA
18 MLP
19 R2
20 MAPE
21 MDAPE
22 NMSE
23 MSE
24 ARIMA
25 Correlation Coefficient
26 Mean Square Error (MSE)
27 Multi-Layer Perceptron (MLP)
28 Unseen Data set
29 Analatical Hierarchy Process (AHP)
30 Gene Expression Programming (GEP)
31 Linear Genetic Programming (LGP)