مقاله پژوهشی

فصلنامه حسابداری سلامت، سال چهارم، شماره اول، شماره پیاپی (۱۱)، بهار ۱۳۹۴، ص‌ص. ۳۷-۵۶.

بررسی خطای پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در صنعت مواد و محصولات دارویی با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی

دکتر محمود موسوی شیری[۱]، دکتر مهدی صالحی[۲*] و کیانا حمیده‌پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۴

چکیده

مقدمه: شاخص قیمت سهام بورس نشان‌دهنده وضعیت اقتصادی کلی یک کشور است. به همین دلیل، پیش‌بینی این شاخص برای سرمایه‌گذاران از اهمیت بسزایی برخوردار است. هدف پژوهش حاضر پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی است.

روش پژوهش: برای انجام این پژوهش از داده‌های شرکت‌های صنعت مواد و محصولات دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۵ استفاده شده است. از بین ۴۸ متغیر ورودی ۱۰ متغیر به وسیله الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات انتخاب شد. این الگوریتم ترکیب بهینه‌ای از متغیرهای تأثیرگذار را شناسایی کرده که متغیرهای مستقل این پژوهش است. سپس، داده‌های مربوط به متغیرهای انتخاب شده به طور جداگانه به الگوریتم‌های کرم شب‌تاب، توابع پایه شعاعی، شبکه‌های چند لایه پرسپترون، رقابت استعماری و شبکه تطبیقی بر اساس نظام‌های با منطق فازی وارد شد و این الگوریتم‌ها آموزش داده شد. در ادامه، الگوریتم‌های مذکور با داده‌های ارزیابی، آزموده شده و به این ترتیب خطای پیش‌بینی مشخص و بر اساس آن به مقایسه روش‌ها پرداخته شد. برای این منظور از نرم‌افزارهای متلب نسخه‌های ۶ و ۷ و SPSS نسخه ۱۱ استفاده شد.

یافته‌ها: استفاده از متغیرهای تأثیرگذار بر پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در الگوریتم‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر توانسته است خطای پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در سطح صنعت مواد و محصولات دارویی را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهد که الگوریتم رقابت استعماری عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها دارد. هم‌چنین، الگوریتم‌های پیشنهادی در مجموع توانایی بالایی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام دارد و خروجی داده‌ها برای الگوریتم رقابت استعماری، ضریب همبستگی ۰/۹۴۰۴ را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های فازی، تغییرات شاخص قیمت سهام، مواد و محصولات داروی.

---

۱. استادیار حسابداری دانشگاه پیام نور.

۲. استادیار حسابداری دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. کارشناس ارشد حسابداری از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خراسان جنوبی.

* نویسنده مسئول؛ رایانامه: Mahdi_salehi54@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

برای پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای بورس دنیا از روش‌های مختلفی نظیر تحلیل، رگرسیون و سری‌های زمانی استفاده می‌شود. از روش‌های غیرخطی دقیق‌تری که می‌توان در هر نوع پیش‌بینی از آن استفاده کرد فن «شبکه‌های عصبی» است. از آن جا که شبکه‌های عصبی قادر است طرح‌های غیرخطی بین داده و ستاده را الگوسازی کند از آن برای پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای بورس استفاده می‌شود. الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات به عنوان زیرمجموعه‌ای از شبکه‌های عصبی یک روش بهینه‌سازی الهام گرفته شده از حرکت دسته‌جمعی ماهی‌ها و پرندگان هنگام جست‌وجوی غذا است. نتیجه الگوسازی این رفتار گروهی، فرایند جست‌وجویی است که ذرات از هم می‌آموزند و به سمت نواحی موفق میل می‌کنند (۱).

شبکه‌های عصبی ابزار محاسباتی ساده‌ای برای آزمون داده‌ها و ایجاد الگو از ساختار داده‌ها است. این شبکه‌ها از داده‌های آموزشی برای یادگیری الگوهای موجود استفاده می‌کند و می‌توان آن را برای دستیابی به خروجی‌ها و نتایج گوناگون بکار برد. موضوع شناخت و بررسی رفتار قیمت اوراق بهادار و ارزشیابی دارایی‌های مالی، از ابتدای شکل‌گیری بازارهای سرمایه، همیشه مورد توجه محافل علمی و سرمایه‌گذاران بوده است (۲).

با توجه به این که بازار سهام پویا، غیرخطی، پیچیده و ناپارامتریک است و به وسیله بسیاری از عوامل کلان اقتصادی نظیر رویدادهای سیاسی، شرایط کلی اقتصادی، انتظارات سرمایه‌گذاران، انتخاب سرمایه‌گذاران نهادی، تغییرات دیگر بازارهای سهام، روانشناسی سرمایه‌گذاران و غیره تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نظریه‌های متفاوتی در خصوص ارزیابی و پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای سازمان‌یافته بورس مطرح شده است. در اوایل قرن بیستم میلادی، گروهی از متخصصان صاحب تجربه در ارزیابی اوراق بهادار اعتقاد راسخ بر این امر داشتند که می‌توان از طریق مطالعه و تجزیه و تحلیل روند تاریخی تغییرات قیمت سهام، تصویری را برای پیش‌بینی قیمت آینده سهام ارائه کرد اما روش‌های پیش‌بینی کلاسیک سری‌های زمانی در حوزه‌هایی که قطعیت ندارد و از الگوی خطی و یا روشنی تبعیت نمی‌کند کارایی کمی دارد. به همین دلیل در محیط‌های غیرخطی توصیه بر استفاده از روش‌های غیرخطی از قبیل شبکه‌های عصبی شده است. از این رو، از اواسط دهه ۱۹۷۰ و بویژه از سال ۱۹۸۰ میلادی تلاش‌های گسترده‌ای در زمینه قابلیت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های ریاضی جدید، سری زمانی طولانی و ابزارهای پیشرفته‌تری مثل هوش مصنوعی آغاز شد و آزمون‌های زیادی روی اطلاعات قیمت و شاخص سهام در کشورهایی مانند انگلستان، آمریکا، کانادا، آلمان و ژاپن انجام شد تا وجود یا نبود ساختاری معین در اطلاعات قیمت سهام مشخص شود (۳).

تعیین سطح کارایی شرکت‌های بورسی و رتبه‌بندی آن‌ها بر مبنای کارایی عملکردشان، سبب می‌شود تا شرکت‌های ضعیف صنعت، فاصله خود را با برترین

Archive of SID

www.SID.ir

شرکت تشخیص داده و راهبرد مناسب برای رسیدن به آن را تدوین کنند. هم‌چنین، شرکت‌های برتر با تعریف برنامه‌ها و راهبردهای بهینه، در پی حفظ برتری خود بر می‌آیند. در کنار این موارد، ارائه اطلاعاتی درباره کارایی شرکت‌ها، فرصتی برای سرمایه‌گذاران به منظور اتخاذ تصمیم‌های درست اقتصادی و انجام سرمایه‌گذاری مناسب فراهم می‌کند (۴).

مالکان به دنبال بیشینه‌کردن ثروت و مدیران نیز به دنبال منافع شخصی خود هستند. گاهی ممکن است منافع مالک و مدیر همسو نباشد و تضاد منافع بین مدیر و مالک ایجاد شود. این موضوع موجب نگرانی مالکان شده تا جایی که مالکان برای اطمینان از تخصیص بهینه منابع به وسیله مدیران، اقدام به بررسی و ارزیابی عملکرد مدیران کردند (۵).

وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش‌های مشابه، عبارت است از: بکارگیری داده‌های وسیع برای سال‌های متمادی، استفاده از متغیرهای ورودی جدید که در پژوهش‌های مشابه بدان توجهی نشده است، توجه به پیش‌بینی شاخص قیمت سهام به صورت خاص، استفاده از داده‌های سالانه (به دلیل ثابت‌نبودن متغیر وابسته و مستقل و تغییرات همبستگی آن، بهتر است که از سری‌های زمانی کوتاه‌مدت استفاده نشود) و بکارگیری الگوریتم‌های متنوع‌تر و نوین‌تر نسبت به پژوهش‌های پیشین.

مبانی نظری

الگوریتم‌های فازی منتخب

در پژوهش حاضر از روش‌های نوین فازی استفاده شده است که در پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام کاربرد دارد. در ادامه، هر یک از روش‌های مزبور به طور مجزا تشریح می‌شود.

الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات

این روش در سال ۱۹۹۵ میلادی به وسیله ابرهارت و کندی ارائه شد. ایده اصلی این روش از رفتار دسته‌جمعی ماهیان یا پرندگان هنگام جست‌وجوی غذا الهام گرفته شده است. گروهی از پرندگان در فضایی به صورت تصادفی دنبال غذا می‌روند. غذا تنها در مکانی از فضای مورد بحث وجود دارد. یکی از بهترین راهبردها که اساس الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات است، می‌تواند دنبال‌کردن پرنده‌ای باشد که کم‌ترین فاصله با غذا را دارد (۶).

آغاز کار الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات به این شکل است که گروهی از ذرات (راه‌حل‌ها) به صورت تصادفی به وجود می‌آید و با به روز کردن نسل‌ها سعی در یافتن راه‌حل بهینه دارد. در هر گام، هر ذره با استفاده از بهترین مقادیر به روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که ذره تاکنون موفق به رسیدن به آن شده است. موقعیت مذکور به نام بهترین موقعیتی نگهداری می‌شود که کل مجموعه ذرات تاکنون شناخته است، بهترین مقدار دیگری که به وسیله الگوریتم مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهترین موقعیتی است که به وسیله جمعیت ذرات تاکنون بدست آمده است. این موقعیت به عنوان بهترین موقعیت جهانی نمایش داده می‌شود. پس از یافتن بهترین مقادیر، سرعت و مکان هر ذره با استفاده

Archive of SID

www.SID.ir

از رابطه‌های ۱ و ۲ در زیر به روز می‌شود (۶).

رابطه (۱)

$$V_{+1}=av + C_1U_1 \times(PBes - X_1) + C_2U_2 \times(GBest - X_1)$$

رابطه (۲)

$$X_{+1}=X_1 + V_{+1}$$

الگوریتم توابع پایه شعاعی

شبکه‌های عصبی شعاعی، طراحی بسیار ساده دارد. ساختار آن شامل یک لایه ورودی (که به مقادیر ورودی متصل شده)، تک لایه‌های پنهان و یک لایه خروجی است که در هر گره خروجی، ترکیبی خطی از خروجی گره‌های لایه پنهان را فراهم می‌کند. تابع پایه شعاعی شبکه‌های عصبی را می‌توان به عنوان یک ترکیب خطی از توابع M به شرح رابطه شماره ۳ در زیر بیان کرد (۷).

رابطه (۳)

$$f(x) = \sum_{j=1}^{M} W_j . h_j(x)$$

به طوری که $x=[x_1 \dots X_K]^T$ ابعاد بردار ورودی، Wj ضرایب وزن از ترکیب خطی و hj (x) نشان‌دهنده پاسخ jام نورون لایه پنهان است. به طور معمول، تصور می‌شود اساس توابع hj(x) شکل گاوسی با عامل مقیاس rj باشد. به طور یکسان مقادیر آن با فاصله بین بردار ورودی X و مرکز هر یک از تابع $C_J[CJ_1...C_{JK}]^T$ کاهش می‌یابد. برای این منظور از معادله $D_j = diag(r_{j1},...,r_{jk})$ استفاده می‌شود که شامل عوامل مختلف در مقیاس برای هر یک از ابعاد فضای ورودی است (رابطه‌های شماره‌های ۴ و ۵).

رابطه (۴)

$$h_j(x) = \exp[-(X - C_i)^T \times D_j^{-1} \times (X - C_i)]$$

رابطه (۵)

$$Y_i = f(X_i) + \varepsilon_i = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{M} W_j, h_j(x) + \varepsilon_i$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

الگوریتم شبکه‌های چند لایه پرسپترون

یک الگوریتم پس انتشار خطا است که برای آموزش آن چند لایه پیش‌خور با توابع محرک مشتق‌پذیر می‌تواند برای انجام عمل تقریب‌زنی، شناسایی و طبقه‌بندی شود. در این الگوریتم وجود لایه پنهان در شبکه، قابلیت تخمین یک نگاشت غیرخطی را افزایش می‌دهد (۷).

خروجی نرون‌های لایه ورودی به عنوان ورودی به لایه دوم (لایه پنهان اول) و خروجی لایه دوم، به عنوان ورودی لایه سوم (لایه پنهان دوم) قرار داده می‌شود. شبکه‌های عصبی به طور مرسوم از سه لایه ساخته شده است که شامل لایه ورودی، خروجی و میانی بوده که لایه‌های میانی می‌تواند بسته به کاربرد آن‌ها یک یا چندین لایه باشد. هر لایه تعداد نرون‌های متفاوتی دارد که عملکرد شبکه به طور زیادی وابسته به اتصالات بین این نرون‌ها است (۷).

الگوریتم شبکه تطبیقی بر اساس نظام‌های با منطق فازی

ساختار شبکه تطبیقی بر اساس نظام‌های با منطق فازی با پنج لایه نشان داده می‌شود. این الگوریتم در لایه اول دارای گره‌های قابل تنظیم است که معمولاً توابع تعلق مربوط به آن‌ها به صورت گاوسی یا زنگوله شکل، با مقدار بیشینه‌ای برابر یک و کمینه‌ای برابر صفر است. عوامل توابع تعلق که همان عوامل مقدمه قوانین فازی است بر اساس توصیف زبانی مربوط به متغیرها و زیرفضاهای فازی و بر اساس روش هایبرید تنظیم می‌شود (۸). گره‌های لایه دوم ثابت در نظر گرفته می‌شود، این گره‌ها دو نشانه ورودی را در هم

Archive of SID

www.SID.ir

ضرب کرده و حاصل را به عنوان خروجی تحویل شبکه می‌دهد. نشانه‌های ورودی این گره‌ها در واقع میزان سازگاری ورودی با هر یک از توابع تعلق و خروجی آن‌ها، وزن مربوط به هر یک از قوانین است. گره‌های لایه سوم نیز ثابت بوده و وظیفه آن‌ها محاسبه وزن نرمال‌شده هر یک از قوانین فازی است، گره‌های لایه چهارم خروجی گره‌های لایه قبلی را در بخش مؤخره آن قانون ضرب کرده و گره لایه پنجم نیز کلیه نشانه‌های خروجی از گره‌های لایه چهارم را جمع کرده و به عنوان خروجی شبکه تحویل می‌دهد (۸).

الگوریتم رقابت استعماری

الگوریتم رقابت استعماری یک الگوریتم جدید در زمینه محاسبات تکاملی بوده که بر مبنای تکامل اجتماعی-سیاسی انسان پایه‌گذاری شده است. همانند دیگر الگوریتم‌های تکاملی، این الگوریتم نیز با تعدادی جمعیت اولیه تصادفی شروع می‌شود که هر کدام از آن‌ها یک کشور نامیده شده است. تعدادی از بهترین عناصر به‌منزله استعمارگر انتخاب و باقی‌مانده جمعیت نیز به‌منزله مستعمره در نظر گرفته می‌شود. در مسائل بهینه‌سازی با در نظر گرفتن تابع f(x) سعی بر آن می‌شود تا آرگومان x به گونه‌ای یافته شود که هزینه‌های متناظر با آن بهینه باشد (معمولاً کمینه). در یک مسئله بهینه‌سازی N_{var} بُعدی، یک کشور، یک آرایه ۱× N_{var} است. این آرایه به صورت رابطه شماره ۶ در زیر تعریف می‌شود (۹).

رابطه (۶) $Country=[p_1,p_2,p_3,\ldots,pN_{var}]$

هزینه یک کشور با ارزیابی تابع f به ازای متغیرهای p_1، p_2، p_3، ...و pN_{var} مشخص می‌شود. بنابراین:

رابطه (۷)

$$Cost=f(country)=f(p_1,p_2,p_3,\ldots,pN_{var})$$

در الگوریتم رقابت استعماری تعداد $N_{country}$ کشور اولیه ایجاد و N_{imp} تا از بهترین اعضای این جمعیت (کشورهای دارای کم‌ترین مقدار تابع هزینه) به‌منزله استعمارگر انتخاب می‌شود (۹).

الگوریتم کرم شب‌تاب

این الگوریتم الهام گرفته شده از رفتار اجتماعی کرم‌های شب‌تاب بوده که معمولاً برای جذب جنس‌های مخالف، هشدار و شکار پرتوافکنی می‌کنند. برای این منظور کرم‌های نر پرتوافکنی کرده و کرم‌های ماده به سمت شب‌تاب‌هایی جذب می‌شود که شدت نور بیشتری دارند. اگر شدت نور اولیه در منبع برابر I باشد و فاصله‌ای که از مبدأ داریم r باشد داریم: IaI/r^2. افزون براین، هر چه فاصله بیشتر باشد، محیط نیز مقداری از شدت نور را جذب می‌کند. این دو عامل باعث می‌شود که شب‌تاب‌ها در فاصله محدودی دیده شود (۱۰).

پیشینه پژوهش

حیدری‌زارع و کردلویی در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی» به این نتیجه رسیدند که استفاده از تقسیم‌بندی داده‌ها، اطلاعات مناسب‌تری نسبت به پیش‌بینی با استفاده از داده‌های تصادفی ارائه می‌دهد و می‌توان به این شبکه داده‌های جدیدی افزوده و دوباره آن را

Archive of SID
www.SID.ir

آموزش داده و جوابی که شبکه به ما ارائه می‌دهد به احتمال زیاد بهتر از گذشته است و این می‌تواند دلیلی بر توانایی شبکه عصبی در یادگیری باشد و پویا بودن الگو را نیز نشان می‌دهد. به این معنی که می‌توان با بدست‌آوردن یک الگو هر چند بار داده‌های جدید را به کل داده‌ها اضافه کرد و همان الگو را با اضافه‌کردن داده‌های جدید دوباره آموزش داد. در نتیجه، جواب بدست آمده دارای خطای بسیار کم‌تری است (۱۱).

پاکدین‌امیری و همکاران در پژوهشی با عنوان «ارائه الگو پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی» به این نتیجه رسیدند که الگو شبکه عصبی پرسپترون و پایه شعاعی توانایی بالایی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران را دارد (۱۲).

چیو و همکاران با روشی ترکیبی پژوهشی با عنوان «رویکرد ترکیبی یکپارچه‌سازی استخراج ویژگی مبتنی بر موجک با اسپیلاین رگرسیون تطبیقی چند متغیره و رگرسیون بردار پشتیبان برای پیش‌بینی شاخص سهام» انجام دادند. روش ارائه شده به مقایسه نتایج پیش‌بینی موجک-اسپیلاین رگرسیون تطبیقی چند متغیره-رگرسیون بردار پشتیبان با پنج روش شامل رگرسیون بردار پشتیبان موجک، موجک-اسپیلاین رگرسیون تطبیقی چند متغیره، تک میانگین متحرک خودگردان یکپارچه، رگرسیون بردار پشتیبان تک و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی در بازارهای سهام نوظهور و دو بازار سهام بالغ پرداخته است. نتایج پژوهش نشان داد که رویکرد پیشنهادی از سایر الگوهای رقیب بهتر است (۱۳).

تای و هسیه در پژوهشی به پیش‌بینی پیشرفته تغییرات قیمت سهام با استفاده از بهینه‌سازی در بورس اوراق بهادار تایوان پرداختند. آنان برای ساخت ابزاری قوی برای پیش‌بینی دقیق‌تر با عنوان پیش‌بینی قوی مبتنی بر روش طراحی آزمایش، روش انتشار تاگوچیپس را با روش طراحی آزمایش ادغام کردند. نتایج پژوهش تای و هسیه نشان داد که رویکرد پیشنهادی به طور مؤثر می‌تواند منجر به بهبود پیش‌بینی تغییرات نرخ قیمت سهام شود (۱۴).

آوسی و همکاران در پژوهشی با عنوان «شبکه‌های مبتنی بر نظام استنتاج فازی تطبیقی برای پیش‌بینی بازده بازار سهام: مطالعه موردی بورس اوراق بهادار استانبول» به بررسی این موضوع پرداختند که آیا یک الگوریتم شبکه‌های مبتنی بر نظام استنتاج فازی تطبیقی قادر است بازده بازار سهام را به دقت پیش‌بینی کند؟ در این پژوهش با استفاده از شش متغیر کلان اقتصادی و سه شاخص به عنوان متغیرهای ورودی، پیش‌بینی انجام شده است. نتایج پژوهش آنان نشان داد که این الگو با موفقیت بازده ماهانه ۱۰۰ شاخص را با میزان دقت ۹۸/۳٪ پیش‌بینی می‌کند (۱۵).

دایا و همکاران در پژوهشی با عنوان «ترکیبی از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مستقل غیرخطی و شبکه عصبی برای پیش‌بینی شاخص بازار سهام آسیا» یک الگو سری زمانی با ترکیب مؤلفه‌های مستقل غیرخطی و شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی بازارهای سهام در آسیا پیشنهاد دادند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که الگوهای پیشنهادی باعث بهبود دقت پیش‌بینی از طریق روش شبکه‌های عصبی می‌شود و می‌تواند جایگزینی

Archive of SID

www.SID.ir

خوب برای شاخص بازار سهام آسیا باشد (۱۶).

عادل‌آذر و همکاران با انجام پژوهشی با موضوع «مقایسه روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام و طراحی الگو ترکیبی» به این نتیجه رسیدند که توانایی الگو ترکیبی نسبت به تمامی روش‌های هوش مصنوعی و کلاسیک بالاتر است (۱۷).

فرضیه‌های پژوهش

همان‌طور که در بخش مبانی نظری مطرح شد، استفاده از روش‌های نوین فازی (الگوریتم‌های کرم شب‌تاب، توابع شعاعی پایه، شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، رقابت استعماری و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی) برای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام نسبت به روش‌های سنتی دارای خطای کم‌تری است و دقت پیش‌بینی‌ها را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. در ادامه، به منظور انتخاب بهینه‌ترین روش از بین الگوریتم‌های مزبور، درصد خطا در پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در بین الگوریتم‌ها بررسی می‌شود. برای این منظور فرضیه‌های زیر تدوین شد:

فرضیه ۱: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و توابع شعاعی پایه تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۲: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۳: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم رقابت استعماری تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۴: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم کرم شب‌تاب تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۵: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های کرم شب‌تاب و توابع شعاعی پایه تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۶: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های کرم شب‌تاب و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۷: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های کرم شب‌تاب و رقابت استعماری تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۸: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم رقابت استعماری و توابع شعاعی پایه تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۹: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های رقابت استعماری و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

فرضیه ۱۰: بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های توابع شعاعی پایه و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی

Archive of SID

www.SID.ir

تفاوت معنادار وجود دارد.

روش پژوهش

شیوه سنجش متغیرهای منتخب

در پژوهش حاضر از متغیرهای تأثیرگذاری استفاده شده است که در پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام کاربرد دارد. در ادامه، شیوه سنجش متغیرهای مزبور ارائه شده است.

بازده واقعی

منظور از بازده مجموعه مزایایی است که در طول یک دوره به سهام تعلق می‌گیرد. این مزایا شامل تفاوت قیمت سهام در اول و آخر بازه زمانی مورد نظر، سود سهمی و مزایای ناشی از افزایش سرمایه است (۱۸).

قیمت پایه

رابطه محاسبه قیمت پایه سهام شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران به شرح زیر است (۱۸):

رابطه (۸) $$P = \frac{EPS}{K} + A - B$$

که در آن:

P: قیمت هر سهم

EPS: درآمد متعلق به هر سهم

K: بازده مورد انتظار سهامدار

A: خالص اندوخته‌ها و سود انباشته هر سهم

B: کسری ذخیره مالیاتی متعلق به هر سهم

نسبت قیمت به درآمد هر سهم

این نسبت که به آن ضریب سودآوری نیز گفته می‌شود، حاصل تقسیم قیمت سهم بر سود آن است و در واقع رابطه بین قیمت سهام یک شرکت با سود آن را نشان می‌دهد (۱۸).

نسبت شارپ

شاخص شارپ، معیاری مناسب برای ارزیابی عملکرد پرتفوی ارائه می‌دهد. این شاخص بازده اضافی سبد سهام را به ازای هر واحد خطر می‌سنجد (۱۹). معیار شارپ یا نسبت بازده به تغییرپذیری از شاخص مبنایی بر اساس خط بازار سرمایه تاریخی، به عنوان معیار خطر استفاده می‌کند. در واقع، بازده را نسبت به خطر کل پرتفوی (انحراف معیار بازده) اندازه‌گیری می‌کند. نسبت شارپ از تقسیم متوسط بازده اضافی پرتفوی بر انحراف معیار بدست می‌آید (۱۹):

رابطه (۹) $$SR_P = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\sigma_P}$$

درصد بازده سرمایه

این نسبت رابطه سرمایه در گردش با سود بنگاه اقتصادی را نشان می‌دهد. افزایش نسبت مذکور دلالت بر کمبود سرمایه در گردش دارد (۲۰).

رابطه (۱۰)

$$\text{درصد بازده سرمایه} = \frac{\text{سود و زیان پس از کسر مالیات}}{\text{سرمایه}} \times ۱۰۰$$

سود ناویژه به فروش

این نسبت سود یا زیان ناویژه یک بنگاه اقتصادی را نسبت به درآمد آن نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه (۱۱)

$$\text{نسبت سود ناویژه به فروش} = \frac{\text{سود و زیان ناویژه}}{\text{جمع درآمدها}} \times ۱۰۰$$

گردش مجموع دارایی‌ها

این نسبت نشان می‌دهد که گردش مجموع درآمدهای موسسه نسبت به مجموع دارایی‌های آن چه عددی است.

رابطه (۱۲)

$$\text{گردش مجموع دارایی‌ها} = \frac{\text{جمع درآمدها}}{\text{جمع کل دارایی‌ها}} \times ۱۰۰$$

گردش موجودی کالا

رابطه (۱۳)

$$\text{گردش موجودی کالا} = \frac{\text{موجودی مواد و کالا}}{\text{بهای تمام‌شده کالای فروش رفته}} \times ۳۶۵$$

نسبت دارایی‌های جاری

رابطه (۱۴)

$$\text{نسبت دارایی‌های جاری} = \frac{\text{جمع دارایی‌های جاری}}{\text{جمع کل دارایی‌ها}}$$

دوره وصول مطالبات

رابطه (۱۵)

$$\text{دوره وصول مطالبات} = \frac{\left(\frac{\text{سایر حساب‌ها و اسناد دریافتی تجاری}}{\text{حساب‌ها و اسناد دریافتی تجاری}} + \right)}{\text{جمع درآمدها}} \times ۳۶۵$$

الگوهای پژوهش

پژوهش حاضر در حیطه پژوهش‌های کاربردی قرار گرفته و مبتنی بر پژوهش‌های میدانی است. به طوری که بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از شرکت‌های پذیرفته شده در بازار بورس اوراق بهادار تهران، فرضیه‌های پژوهش آزموده و نتایج حاصل به کل جامعه تعمیم داده می‌شود. به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای آزمون فرضیه‌های پژوهش از بانک اطلاعاتی موجود در وبگاه کدال سازمان بورس اوراق بهادار تهران و نرم‌افزار ره‌آورد نوین شماره ۳ استفاده شده است.

الگوی پیشنهادی مورد استفاده در این پژوهش ترکیبی از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات با الگوریتم‌های کرم شب‌تاب، توابع شعاعی پایه، شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، رقابت استعماری و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی است. به این معنا که، ابتدا، متغیرهایی که احتمال تأثیرگذاری بر تغییرات شاخص قیمت سهام را دارند با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات آزموده و متغیرهای ورودی انتخاب می‌شود. پس از آن، متغیرهای انتخاب شده به الگوریتم‌های مزبور وارد شده و آموزش داده می‌شود. این الگوریتم‌ها با داده‌های ارزشیابی مورد آزمون قرار گرفته و به این ترتیب خطای پیش‌بینی اندازه‌گیری می‌شود. در نتیجه، با استفاده از همین نرخ خطا، مقایسه روش‌های پیش‌بینی با یکدیگر میسر می‌شود.

برای اجرای الگوریتم‌ها از نرم‌افزار متلب نسخه‌های ۶ و ۷ استفاده شد. نرم‌افزار متلب یکی از قوی‌ترین نرم‌افزارهای ریاضی بوده که کاربردهای وسیعی در سایر رشته‌ها نیز دارد. این نرم‌افزار، جعبه ابزارهای آماده بسیاری در اختیار کاربرانش قرار

Archive of SID

www.SID.ir

می‌دهد که کارکردن با آن را بسیار راحت می‌کند. هم‌چنین، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۱ برای آزمون فرضیه‌ها استفاده شده است.

جامعه آماری و نمونه پژوهش

یکی از متغیرهای مداخله‌گر در تغییرات شاخص قیمت سهام شرکت‌ها نوع صنعت آن‌ها است. به همین دلیل، به منظور کم‌کردن اثر این متغیر بر تغییرات شاخص قیمت سهام، صنعت مواد و محصولات دارویی که دارای بیشترین شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار است به عنوان جامعه آماری انتخاب شد. از بین شرکت‌های جامعه آماری با استفاده از روش غربال کلیه شرکت‌های صنعت مواد و محصولات دارویی که تا پایان اسفندماه ۱۳۸۵ در بورس اوراق بهادار تهران پذیرفته شده و اطلاعات مورد نیاز برای انجام این پژوهش را در دوره زمانی ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۱ به طور کامل در وبگاه کدال افشاء عمومی کرده‌اند به عنوان نمونه انتخاب شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده تعداد ۳۱ شرکت از صنعت مواد و محصولات دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، حائز شرایط بالا شناخته شده و به عنوان نمونه آماری مورد بررسی قرار گرفت.

نرمال‌سازی داده‌ها برای بکارگیری در الگو

اصولاً واردکردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. برای اجتناب از چنین شرایطی و هم‌چنین به منظور یکسان‌کردن ارزش داده‌ها، قبل از آموزش شبکه عصبی، داده‌های ورودی به آن باید استاندارد (نرمال) شود. یعنی، همه داده‌ها باید بین ۱ و ۱- معادل‌سازی شود. در این پژوهش داده‌ها قبل از آموزش و آزمایش الگوها، نرمال شده و سپس به وسیله نرم‌افزار متلب، الگوریتم آموزش شبکه‌های عصبی انجام شده است.

طراحی و اجرا

فرآیندهای طراحی و اجرا، به ترتیب، عبارت است از انتخاب داده‌ها، پاک‌سازی و آماده‌سازی داده‌ها، تقسیم داده‌ها به مجموعه‌های آموزش و ارزیابی، فرآیند انتخاب متغیرهای تأثیرگذار در پیش‌بینی مدیریت سود با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای هر الگو، آموزش الگوها و ارزیابی الگوهای آموزش داده شده با داده‌های ارزیابی که تاکنون به وسیله الگوریتم‌ها مشاهده نشده است.

یافته‌های پژوهش

انتخاب متغیرهای تأثیرگذار با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

داده‌های مالی ۱۵۱ شرکت-سال از صنعت مواد و محصولات دارویی مختلف با ۴۸ متغیر مستقل و یک متغیر وابسته (تغییرات شاخص قیمت سهام) مربوط به سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ از منابع مختلف گردآوری شد. با اجرای الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بعد از تعداد تکرار ۱۰۰۰، باعث هم‌گرایی مناسب شد. مسیر پیموده شده به وسیله تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه بهینه الگوریتم

Archive of SID

www.SID.ir

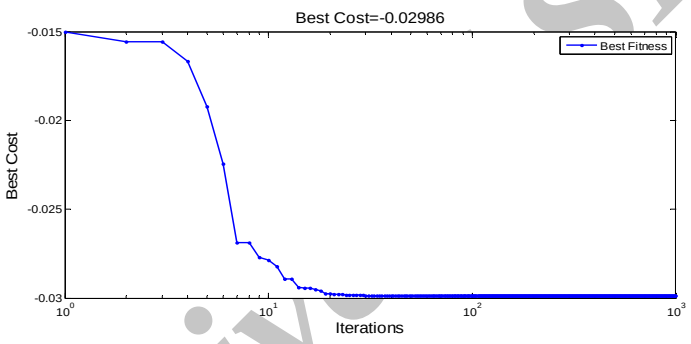
بهینه‌سازی ازدحام ذرات در شکل شماره ۱ مشخص شده است.

جدول شماره ۱ متغیرهای تأثیرگذار در پیش‌بینی را با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات نشان می‌دهد. اعداد جدول نیز بیانگر متغیری که باید در پیش‌بینی تغییرات شاخص سهام انتخاب شود و درصد هر متغیر در پیش‌بینی تغییرات شاخص سهام است. در این پژوهش انتخاب متغیرهای تأثیرگذار بر اساس تأثیر هر متغیر در پیش‌بینی تغییرات شاخص سهام انتخاب شده است.

نتایج بررسی خطای پیش‌بینی الگوریتم‌ها

شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه

جدول شماره ۲ بهترین نتایج معیارهای عملکرد را، به ترتیب، در برابر مجموعه آزمایش و آموزش نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مندرج در جدول مزبور مقدار مربع ضریب همبستگی در بیشینه برابر با ۰/۷۵۶



شکل ۱: مسیر پیموده شده به وسیله تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه بهینه الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

جدول ۱: متغیرهای تأثیرگذار در پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات

ردیف	متغیر منتخب	درصد اهمیت
۱	بازده واقعی	۰/۰۵۰۵۳۶
۲	قیمت پایه	۰/۰۵۰۴۶۸
۳	نسبت قیمت به درآمد هر سهم	۰/۰۵۰۳۶۵
۴	نسبت شارپ	۰/۰۵۰۱۳۲
۵	درصد بازده سرمایه	۰/۰۵۰۰۳۲
۶	سود ناویژه به فروش	۰/۰۴۹۹۸۵
۷	گردش مجموع دارایی‌ها	۰/۰۴۹۹۸۴
۸	گردش موجودی کالا	۰/۰۴۹۹۴۳
۹	نسبت دارایی‌های جاری	۰/۰۴۹۹۴۰
۱۰	دوره وصول مطالبات	۰/۰۴۹۹۱۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲: خلاصه نتایج حاصل از اعمال داده‌های آموزشی، آزمایشی و ارزیابی شبکه الگوریتم شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه

تقسیم‌بندی		مربع ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	میانگین مربع خطا	خطا جذر میانگین مربعات	میانگین	انحراف معیار
داده‌های کل	۱۵۱	۰/۶۴۱۸۶	۰/۸۰۱۱۶	۰/۱۰۳۷۹	۰/۳۲۲۱۶	۰/۰۱۸۳۹	۰/۱۹۵۱۳
داده‌های آموزش	۸۶	۰/۷۵۶۰۷	۰/۸۶۹۵۲	۰/۱۲۵۲۵	۰/۳۵۳۹	۰/۱۱۵۷۴	۰/۱۵۹۰۴
داده‌های ارزیابی	۳۲	۰/۶۴۸۵۴	۰/۸۰۵۳۲	۰/۱۲۳۸۹	۰/۳۵۱۹۸	۰/۱۱۰۲۴	۰/۲۰۰۱۲
داده‌های آزمایشی	۳۳	۰/۴۳۹۳	۰/۶۶۲۸	۰/۲۰۶۹۹	۰/۴۵۴۹۶	۰/۱۶۹۴۵	۰/۲۵۹۰۱

جدول ۳: خلاصه نتایج حاصل از اعمال داده‌های آموزشی، آزمایشی و ارزیابی شبکه الگوریتم توابع شعاعی پایه

تقسیم‌بندی		مربع ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	میانگین مربع خطا	خطا جذر میانگین مربعات	میانگین	انحراف معیار
داده‌های کل	۱۵۱	۰/۸۱۶۲	۰/۹۰۳۴۴	۰/۰۹۱۹۸	۰/۳۰۳۲۹	۰/۰۱۲۶۲	۰/۱۴۰۶۹
داده‌های آموزش	۸۶	۰/۹۴۷۷۴	۰/۹۷۳۵۲	۰/۰۳۶۱۳	۰/۱۹۰۰۸	(۰/۰۱۱۱)	۰/۰۷۷۹۵
داده‌های ارزیابی	۳۲	۰/۵۲۴۸۳	۰/۷۲۴۴۵	۰/۱۴۸۷۴	۰/۳۸۵۶۶	۰/۰۲۷۷۶	۰/۲۲۲۵۱
داده‌های آزمایشی	۳۳	۰/۷۴۷۶۵	۰/۸۶۴۶۷	۰/۱۲۷۴۷	۰/۳۵۷۰۳	۰/۰۵۹۷۵	۰/۱۵۶۹۹

است. این بدان معنا است که ۷۵/۶٪ از پراکندگی داده‌ها به وسیله تقسیم‌بندی مذکور مشخص شده است. هم‌چنین، به طور میانگین، شبکه، ۰/۱۲۳۸۹ خطای ارزیابی دارد.

در گام ۴ الگوریتم بالا کم‌ترین خطای صحت‌سنجی بدست آمد و در گام ۳۳ شبکه متوقف شد؛ لذا، آموزش شبکه در این مرحله به اتمام رسید.

توابع شعاعی پایه

جدول شماره ۳ بهترین نتایج معیارهای عملکرد را، به ترتیب، در برابر مجموعه آزمایش و آموزش نشان می‌دهد. نتایج مندرج در جدول مزبور نشان می‌دهد که مقدار مربع ضریب همبستگی در بیشینه برابر با ۰/۹۴۷۷ است. این بدان معنا است که ۹۴/۷۷٪ از پراکندگی داده‌ها به وسیله تقسیم‌بندی مذکور مشخص شده است. هم‌چنین، به طور میانگین، شبکه، ۰/۱۴۸۷۴ خطای ارزیابی دارد.

در گام ۶ الگوریتم بالا کم‌ترین خطای صحت‌سنجی بدست آمد و در گام ۲۴ شبکه متوقف شد؛ لذا، آموزش شبکه در این مرحله به اتمام رسید.

نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی

جدول شماره ۴ بهترین نتایج معیارهای عملکرد را، به ترتیب، در برابر مجموعه آزمایش و آموزش نشان می‌دهد. نتایج مندرج در جدول مزبور نشان می‌دهد که مقدار مربع ضریب همبستگی در بیشینه برابر با

Archive of SID
www.SID.ir

۰/۹۶۸۵ است. این بدان معنا است که ۹۶/۸۵٪ از پراکندگی داده‌ها به وسیله تقسیم‌بندی مذکور مشخص شده است. هم‌چنین، به طور میانگین، شبکه، ۰/۰۷۶۶۵ خطای ارزیابی دارد.

در گام ۱۲ الگوریتم بالا کم‌ترین خطای صحت‌سنجی بدست آمد و در گام ۳۱ شبکه متوقف شد؛ لذا، آموزش شبکه در این مرحله به اتمام رسید.

الگوریتم رقابت استعماری

جدول شماره ۵ بهترین نتایج معیارهای عملکرد را، به ترتیب، در برابر مجموعه آزمایش و آموزش نشان می‌دهد. نتایج مندرج در جدول مزبور نشان می‌دهد که مقدار مربع ضریب همبستگی در بیشینه برابر با ۰/۹۸۱۴ است. این بدان معنی است که ۹۸/۱۴٪ از پراکندگی داده‌ها به وسیله تقسیم‌بندی مذکور مشخص شده است. هم‌چنین، به طور میانگین شبکه ۰/۰۴۶۹۴ خطای ارزیابی دارد.

در گام ۸ الگوریتم بالا کم‌ترین خطای صحت‌سنجی بدست آمد و در گام ۸ شبکه متوقف شد؛ لذا، آموزش شبکه در این مرحله به اتمام رسید.

الگوریتم کرم شب‌تاب

جدول شماره ۶ بهترین نتایج معیارهای عملکرد را، به ترتیب، در برابر مجموعه آزمایش و آموزش نشان می‌دهد. نتایج مندرج در جدول مزبور نشان می‌دهد که مقدار مربع ضریب همبستگی در بیشینه برابر با

جدول ۴: خلاصه نتایج حاصل از اعمال داده‌های آموزشی، آزمایشی و ارزیابی شبکه نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی

تقسیم‌بندی		مربع ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	میانگین مربع خطا	خطا جذر میانگین مربعات	میانگین	انحراف معیار
داده‌های کل	۱۵۱	۰/۹۳۹۷۶	۰/۹۶۹۴۱	۰/۰۴۱۰۵	۰/۲۰۲۶	۰/۰۶۱۶۲	۰/۰۸۱۸۸
داده‌های آموزش	۸۶	۰/۹۵۴۲	۰/۹۷۶۸۳	۰/۰۳۸۸۳	۰/۱۹۷۰۵	۰/۰۶۴۶۱	۰/۰۶۸۶۲
داده‌های ارزیابی	۳۲	۰/۸۶۷۵۲	۰/۹۳۱۴۱	۰/۰۷۶۶۵	۰/۲۷۶۸۵	۰/۰۵۶۰۵	۰/۱۱۸۰۸
داده‌های آزمایشی	۳۳	۰/۹۶۸۵۳	۰/۹۸۴۱۴	۰/۰۱۸۶۹	۰/۱۳۶۷۲	۰/۰۵۹۲	۰/۰۷۳۱۵

جدول ۵: خلاصه نتایج حاصل از اعمال داده‌های آموزشی، آزمایشی و ارزیابی شبکه الگوریتم رقابت استعماری

تقسیم‌بندی		مربع ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	میانگین مربع خطا	خطا جذر میانگین مربعات	میانگین	انحراف معیار
داده‌های کل	۱۵۱	۰/۹۰۹۹۸	۰/۹۵۳۹۳	۰/۰۵۹۶۴	۰/۲۴۴۲۱	۰/۰۰۶۱۷	۰/۰۹۸۳
داده‌های آموزش	۸۶	۰/۹۸۱۴۷	۰/۹۹۰۶۹	۰/۰۱۲	۰/۱۰۹۵۶	۰/۰۱۱۳	۰/۰۴۳۵۶
داده‌های ارزیابی	۳۲	۰/۹۴۰۴	۰/۹۶۹۷۴	۰/۰۴۶۹۴	۰/۲۱۶۶۷	۰/۰۱۷۸۳	۰/۰۸۲۷۱
داده‌های آزمایشی	۳۳	۰/۷۷۱۶۴	۰/۸۷۸۴۳	۰/۱۳۲۱۵	۰/۳۶۳۵۲	۰/۰۱۸۵۲	۰/۱۸۱۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶: خلاصه نتایج حاصل از اعمال داده‌های آموزشی، آزمایشی و ارزیابی شبکه الگوریتم کرم شب‌تاب

تقسیم‌بندی		مربع ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	میانگین مربع خطا	خطا جذر میانگین مربعات	میانگین	انحراف معیار
داده‌های کل	۱۵۱	۰/۹۰۴۵۲	۰/۹۵۱۰۶	۰/۰۵۰۰۵	۰/۲۲۳۷۱	۰/۰۰۲۲۳	۰/۱۰۰۵۴
داده‌های آموزش	۸۶	۰/۹۹۰۹۴	۰/۹۹۵۴۶	۰/۰۱۱۰۳	۰/۱۰۵۰۵	۰/۰۰۶۸۲	۰/۰۳۱۶۲
داده‌های ارزیابی	۳۲	۰/۷۸۹۵۶	۰/۸۸۸۵۷	۰/۱۳۳۰۰	۰/۳۶۴۶۸	۰/۰۱۶۵۵	۰/۱۸۴۴۳
داده‌های آزمایشی	۳۳	۰/۷۷۱۶۴	۰/۸۷۸۴۳	۰/۱۱۱۲۷	۰/۳۳۳۵۸	۰/۰۱۱۲۲	۰/۱۰۷۸۲

۰/۹۹۰۹ است. این بدان معنا است که ۹۹/۰۹٪ از پراکندگی داده‌ها به وسیله تقسیم‌بندی مذکور مشخص شده است. هم‌چنین، به طور میانگین، شبکه، ۰/۱۳۳۰۰ خطای ارزیابی دارد.

در گام ۱۱ الگوریتم بالا کم‌ترین خطای صحت‌سنجی بدست آمد و در گام ۱۹ شبکه متوقف شد؛ لذا، آموزش شبکه در این مرحله به اتمام رسید.

نتایج آزمون فرضیه‌ها

در پژوهش حاضر، میانگین خطا در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام شرکت‌های صنعت مواد و محصولات دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بین الگوریتم‌های بیان شده به صورت زوجی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان‌دهنده کاراتربودن الگوریتم‌های مربوط است که به تفکیک هر فرضیه در ادامه تشریح شده است.

نتایج آزمون فرضیه اول

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و توابع شعاعی پایه تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری ۰/۹۲۳ و بیشتر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و توابع شعاعی پایه وجود نداشته و فرضیه اول در سطح معناداری ۵٪ رد می‌شود. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر توابع شعاعی پایه بیشتر از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه است، کاراتربودن شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه نسبت به توابع شعاعی پایه پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه دوم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری صفر و کم‌تر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و توابع شعاعی پایه وجود دارد و فرضیه دوم در سطح معناداری ۵٪

Archive of SID
www.SID.ir

تأیید شده است. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی بیشتر از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه است، کاراتربودن شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه نسبت به نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه سوم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم رقابت استعماری تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری ۰/۶۴ و بیشتر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم رقابت استعماری وجود ندارد و فرضیه سوم در سطح معناداری ۵٪ پذیرفته نمی‌شود. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه بیشتر از الگوریتم رقابت استعماری است، کاراتربودن الگوریتم رقابت استعماری نسبت به شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه چهارم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم کرم شب‌تاب تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری ۰/۲۲۶ و بیشتر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم کرم شب‌تاب وجود ندارد و فرضیه چهارم در سطح معناداری ۵٪ رد می‌شود. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه بیش‌تر از الگوریتم کرم شب‌تاب است، کاراتربودن الگوریتم کرم شب‌تاب نسبت به شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه پنجم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های کرم شب‌تاب و توابع شعاعی پایه تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری ۰/۳۷۴ و بیشتر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین توابع شعاعی پایه و الگوریتم کرم شب‌تاب وجود ندارد و فرضیه پنجم در سطح معناداری ۵٪ رد می‌شود. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر توابع شعاعی پایه بیش‌تر از الگوریتم کرم شب‌تاب است، کاراتربودن الگوریتم کرم شب‌تاب نسبت به توابع شعاعی پایه پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه ششم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های

Archive of SID

www.SID.ir

دارویی در الگوریتم‌های کرم شب‌تاب و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری صفر و کم‌تر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین الگوریتم کرم شب‌تاب و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی وجود دارد و فرضیه ششم در سطح معناداری ۵٪ تأیید شده است. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی بیشتر از الگوریتم کرم شب‌تاب است، کاراتربودن الگوریتم کرم شب‌تاب نسبت به نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه هفتم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های کرم شب‌تاب و رقابت استعماری تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری ۰/۰۰۶ و کم‌تر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین الگوریتم کرم شب‌تاب و الگوریتم رقابت استعماری وجود دارد و فرضیه هفتم در سطح معناداری ۵٪ تأیید شده است. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر الگوریتم رقابت استعماری بیشتر از الگوریتم کرم شب‌تاب است، کاراتربودن الگوریتم کرم شب‌تاب نسبت به الگوریتم رقابت استعماری پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه هشتم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم رقابت استعماری و توابع شعاعی پایه تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری ۰/۳۷۱ و بیشتر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین الگوریتم رقابت استعماری و توابع شعاعی پایه وجود ندارد و فرضیه هشتم در سطح معناداری ۵٪ رد می‌شود. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر توابع شعاعی پایه بیش‌تر از الگوریتم رقابت استعماری است، کاراتربودن الگوریتم رقابت استعماری نسبت به توابع شعاعی پایه پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه نهم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در الگوریتم‌های رقابت استعماری و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری صفر و کم‌تر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین الگوریتم رقابت استعماری و نظام‌های تطبیقی استنتاج

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷: نتایج آزمون فرضیه‌ها

مواد دارویی		شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه	کرم شب‌تاب	الگوریتم رقابت استعماری	نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی
توابع شعاعی پایه	آماره آزمون	۰/۰۹۷	۰/۸۸۹	(۰/۸۹۴)	(۵/۸۷۴)
	سطح معناداری	۰/۹۲۳	۰/۳۷۴	۰/۳۷۱	۰/۰۰۰
	نتیجه آزمون: اختلاف معنادار	وجود ندارد	وجود ندارد	وجود ندارد	وجود دارد
نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی	آماره آزمون	(۳/۵۸۹)	(۷/۴۷۹)	(۷/۸۰۳)	
	سطح معناداری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	
	نتیجه آزمون: اختلاف معنادار	وجود دارد	وجود دارد	وجود دارد	
الگوریتم رقابت استعماری	آماره آزمون	(۰/۴۶۸)	(۲/۷۵۷)		
	سطح معناداری	۰/۶۴	۰/۰۰۶		
	نتیجه آزمون: اختلاف معنادار	وجود ندارد	وجود دارد		
کرم شب‌تاب	آماره آزمون	(۱/۲۱۱)			
	سطح معناداری	۰/۲۲۶			
	نتیجه آزمون: اختلاف معنادار	وجود ندارد			

عصبی فازی وجود دارد و فرضیه نهم در سطح معناداری ۵٪ تأیید شده است. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی بیشتر از الگوریتم رقابت استعماری است، کاراتربودن الگوریتم رقابت استعماری نسبت به نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون فرضیه دهم

بین خطای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌های دارویی در توابع شعاعی پایه و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس نتایج آزمون مک‌نمار (یا هم‌ارز ویلکاکسون)، مندرج در جدول شماره ۷، مشخص شد که سطح معناداری صفر و کم‌تر از ۵٪ است. بنابراین، با احتمال ۹۵٪ اختلاف معناداری بین توابع شعاعی پایه و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی وجود دارد و فرضیه دهم در سطح معناداری ۵٪ تأیید شده است. هم‌چنین، به دلیل این که میانگین نرخ خطای متناظر نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی بیش‌تر از توابع شعاعی پایه است، کاراتربودن توابع شعاعی پایه نسبت به نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی پذیرفته می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام یکی از موضوع‌های مهم در حوزه تصمیم‌گیری مالی قلمداد می‌شود که با توجه به آثار و پیامدهای آن الگوهای زیادی برای آن بسط داده شده است که هر یک در روش یا متغیرهای پیش‌بینی متفاوت است. هدف این پژوهش پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام صنعت مواد و محصولات دارویی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه پنج الگوریتم توابع شعاعی پایه،

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، کرم شب‌تاب، رقابت استعماری و نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی بوده است. سرانجام، در پژوهش حاضر مبنای مقایسه این الگوریتم از طریق خطای پیش‌بینی فراهم شده است.

بر اساس نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش، از بین پنج روش پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام بهترین الگوریتم بکار رفته در این پژوهش الگوریتم رقابت استعماری است. ضریب همبستگی الگوریتم‌های بالا، به ترتیب، مربع مقدار همبستگی عبارت است: الگوریتم‌های رقابت استعماری، نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی، توابع شعاعی پایه، کرم شب‌تاب و شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه با ضریب همبستگی، به ترتیب، ۰/۹۴۰۴، ۰/۸۶۷۵، ۰/۸۱۶۲، ۰/۷۸۹۵ و ۰/۶۴۸۵ که خلاصه نتایج آن در جدول شماره ۸ ارائه شده است.

در پژوهش حاضر با توجه به این که نتایج پژوهش‌های پیشین بیانگر این واقعیت بود که چنان‌چه چند روش مختلف پیش‌بینی با هم ترکیب شود توانایی پیش‌بینی الگو ترکیبی بالاتر می‌رود و خطای آن به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند، الگوهای ترکیبی از شبکه‌های عصبی طراحی شد. بر این اساس، به مسئولین و سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی پیشنهاد می‌شود افزون بر الگوهای رایج در زمینه پیش‌بینی، الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی را نیز به عنوان ابزاری قدرتمند برای پیش‌بینی‌ها مورد توجه قرار دهند. انجام موضوع پژوهش حاضر با روش‌های کلاسیک امکان‌پذیر نیست زیرا در پژوهش حاضر برای پایین‌بردن خطای پژوهش با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته‌جمعی ذرات، فرآیند متغیرگزینی انجام شده است؛ لذا، تنها قسمت دوم موضوع پژوهش که پیش‌بینی خطا است را می‌توان با استفاده از روش‌های کلاسیک انجام داد. انجام عملیات متغیرگزینی، خطای پژوهش را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد اما در پژوهش‌های ذکر شده در پیشینه موردی یافت نشد که از این روش استفاده کرده باشد. بنابراین، در صورت مقایسه این پژوهش با موارد مطرح شده در پیشینه، نتایج منطقی حاصل نمی‌شود.

محدودیت‌های پژوهش

نتایج پژوهش باید با توجه به محدودیت‌های زیر

جدول ۸: خلاصه نتایج حاصل از معیارهای عملکرد پنج روش در پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام

الگوریتم	مربع ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	میانگین مربع خطا	خطا جذر میانگین مربعات	میانگین	انحراف معیار
شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه	۰/۶۴۸۵۴	۰/۸۰۵۳۲	۰/۱۲۳۸۹	۰/۳۵۱۹۸	۰/۱۱۰۲۴	۰/۲۰۰۱۲
توابع شعاعی پایه	۰/۸۱۶۲۰	۰/۷۲۴۴۵	۰/۱۴۸۷۴	۰/۳۸۵۶۶	۰/۰۲۷۷۶	۰/۲۲۲۵۱
نظام‌های تطبیقی استنتاج عصبی فازی	۰/۸۶۷۵۲	۰/۹۳۱۴۱	۰/۰۷۶۶۵	۰/۲۷۶۸۵	۰/۰۵۶۰۵	۰/۱۱۸۰۸
الگوریتم‌های رقابت استعماری	۰/۹۴۰۴	۰/۹۶۹۷۴	۰/۰۴۶۹۴	۰/۲۱۶۶۷	۰/۰۱۷۸۳	۰/۰۸۲۷۱
کرم شب‌تاب	۰/۷۸۹۵۶	۰/۸۸۸۵۷	۰/۱۳۳	۰/۳۶۴۶۸	۰/۰۱۶۵۵	۰/۱۸۴۴۳

Archive of SID
www.SID.ir

تفسیر شود:

۱. دوره زمانی پژوهش می‌تواند در نتایج پژوهش مؤثر باشد.

۲. دسترسی‌نداشتن به برخی از اطلاعات شرکت‌های دارویی موجب حذف آن‌ها از نمونه شده است. نبود شرکت‌های مذکور در نمونه می‌تواند بر نتایج پژوهش تأثیرگذار باشد.

References

1 Salehi, M.; Kardan, B.; and Z. Aminifard (2012). "Effective Components on the Forecast of Companies' Dividends Using Hybrid Neural Network and Binary Algorithm Model", *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 5, No. 9, pp. 3321-3327.

2 Monjamy, A.; Abzari, M.; and A. Raayati Shavazi (2009). "Predicting the Stock Price in the Stock Market Using Fuzzy Neural Networks and Genetic Algorithms, and by Comparing it with Artificial Neural Network", *Journal of Quantitative Economics (Economics Review),* Vol. 6, No. 3, pp. 1-26. [In Persian]

3 Kara, Y. and O. Baykan (2011). "Predicting Direction of Stock Price Index Changes Using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines: The Sample of the Istanbul Stock Exchange", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 2, pp. 3355-3366.

4 Dadashi, I.; Asghari, M.; Zareii, S.; and M. Jafari baii (2013). "Examining the Effect of Capital Structure and Financing on the Technical Efficiency of Pharmaceutical Companies Listed on the Tehran Stock Exchange", *Journal of Health Accounting,* Vol. 2, No. 1, pp. 19-1. [In Persian]

5 Mirzaee, H.; Khataii, M.; and Y. Ghanbari (2013). "Investigating the Relationship between Business Risk and Financial Risk with Performance of Pharmaceutical Companies Listed on the Tehran Stock Exchange", *Journal of Health Accounting,* Vol. 2, No. 2, pp. 77-91. [In Persian]

6 Kennedy, J. and R. Eberhart (1995). "Particle Swarm Optimization", *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks,* Piscataway, NJ, 27 November, pp. 1942-1948.

7 Ansari, Z. and M. Kazemi (2012). "Predicting the Accounting Earnings by Using Multi-Layer Neural Networks Perceptron (MLP) with Comparison to Artificial Neural Networks of Radial Basis Functions (RBF)", *The 1st National Conference on Investigating Methods of Improving Issues in Management, Accounting and Industrial Engineering in Organizations*, Gachsaran Islamic Azad University, 2 and 3 February. [In Persian]

8 Tavakkoli Heravi, P. and A. Karimpour (2013). "Reinforced Clustering Fuzzy Neural Networks (ANFIS)", *The 21st Iranian Conference on Electrical Engineering*, Shahid Beheshti University Tehran, 14 to 16 May. [In Persian]

9 Pourkazemi, M.; Fattahi, M.; Mazaheri, S.; and B. Asadi (2013). "The Optimization of Portfolio Projects with the Interaction of Colonial Competitive Algorithm

Archive of SID

www.SID.ir

(ICA)", *Journal of Industrial Management,* Vol. 5, No. 1, pp. 1-20. [In Persian]
10 Yosefi, A. and H. Ebrahim Khani (2012). "The Investigation and Development of Firefly Algorithm for Solving Job Shop Scheduling Problem", *The 9th International Conference on Industrial Engineering*, Khajeh Nasir Toosi University of Technology, Tehran, 1 and 2 January. [In Persian]
11 Heydari Zare, B. and H. Kordlouyi (2010). "Predicting the Stock Price by Using Artificial Neural Networks", *Scientific Journal of Management,* Vol. 1, No. 17, pp. 49-57. [In Persian]
12 Pak Din Amiri, A.; Pak Din Amiri, M.; and M. Pak Din Amiri (2009). "Presenting the Model for Predicting the Total Stock Price Index with a Neural Networks Approach", *Journal of Economic Literature,* Vol. 6, No. 11, pp. 83-108. [In Persian]
13 Kao, L.; Chiu, C.; Lu, C.; and C. Chang (2012). "A Hybrid Approach by Integrating Wavelet-Based Feature Extraction with MARS and SVR for Stock Index Forecasting", *Decision Support Systems,* Vol. 54, No. 3 pp. 1228-1244.
14 Hsieh, L.; Hsieh, S; and P. Tai (2011). "Enhanced Stock Price Variation Prediction via DOE and BPNN-based Optimization", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 11, pp. 14178–14184.
15 Boyacioglua, M. A. and D. Avci (2010). "An Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) for the Prediction of Stock Market Return: The Case of the Istanbul Stock Exchange", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 12, pp. 7908-7912.
16 Daia, W.; Wu, J.; and Ch. Lu (2012). "Combining Nonlinear Independent Component Analysis and Neural Networks for the Prediction of Asian Stock Market Indexes", *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, No. 4, pp. 44-52.
17 Azar, A.; Afsar, A.; and P. Ahmadi (2006). "The Comparison of the Classic Methods and Artificial Intelligence for Predicting the Stock Price and Designing a Hybrid Model", *Journal of Management Research in Iran,* Vol. 10, No. 4, pp. 1-16. [In Persian]
18 Behnampour, M. and A. Safari (2010). "Investigating the Relationship between the Ratio of Price to Earnings Per Share with the Earnings Quality of the Companies Listed on the Tehran Stock Exchange", *Journal of Accounting and Financial Management*, Vol. 1, No. 3, pp. 128-151. [In Persian]
19 Khodayi Vale Zaghrad, M. and A. Fouladvandnia (2010). "The Evaluation of the Performance of Management of Portfolio with an Emphasis on the Downside Risk Framework of the Investment Companies Listed on the Tehran Stock Exchange", *Journal of Financial Studies,* Vol. 1, No, 3, pp. 67-90. [In Persian]
20 Aghaii, M.; Kazempoor, M.; and R. Mansoor lakoroj (2013). "The Effect of Free Cash Flow and Capital Structure on Different Criteria for Evaluating the Performance of the Material Industry and Pharmaceutical Products Companies Listed on the Tehran Stock Exchange", *Journal of Health Accounting,* Vol. 3, No. 2, pp. 15-1. [In Persian]

Archive of SID

www.SID.ir