



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۱ / شماره ۲ (پیاپی ۴۲) / تابستان ۱۴۰۱
صفحه ۲۲۵ تا ۲۴۵

پیش بینی شاخص های مالی شرکت ها با استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری تخمین زن میانگین شرطی و ژنتیک

ابراهیم علی زاده

گروه حسابداری، واحد بین المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران
ebrahim10140@yahoo.com

حمیدرضا وکیلی فرد

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
vakilifard.phd@gmail.com

محسن حمیدیان

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، دانشکده اقتصاد و حسابداری، تهران، ایران
hamidian_2002@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰/۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰/۰

چکیده

پیش بینی وضعیت مالی شرکت ها مبتنی بر شاخص های مالی یکی از مهم ترین موضوعات مورد توجه سرمایه گذاران، اعتبار دهندگان و دیگر ذی نفعان شرکت نظیر عرضه کنندگان یا خرده فروشان است. چرا که، ارزیابی وضعیت مالی یک شرکت پیش از اینکه به هرگونه تصمیم گیری در زمینه سرمایه گذاری یا اعطای وامی منجر شود برای پیش گیری از زیان ضروری به نظر می رسد. این پژوهش با هدف پیش بینی شاخص های مالی شرکت ها با استفاده از روش تخمین زن میانگین شرطی و الگوریتم ژنتیک به انجام رسید. روش پژوهش DM-CRISP بوده و داده های مالی ۱۳۰ شرکت بورسی طی ۱۰ سال از ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ تحلیل گردید. نتایج تحقیق نشان داد که، روش تخمین زن میانگین شرطی از دقت و توانایی بسیار بالایی در مدلسازی برخوردار می باشد. همچنین، استفاده از الگوریتم ژنتیک به صورت تلفیقی دقت پیش بینی را افزایش می دهد. فعالان بازار سرمایه می توانند از نتایج پژوهش جهت پیش بینی بهتر شاخص های مالی و عملکردی شرکت ها استفاده نمایند.

واژه های کلیدی: شاخص های مالی، تخمین زن میانگین شرطی، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

شاخص‌های مالی سنج‌های مطلوبی برای سیاست‌گذارانی است که مایل به ارزیابی وضعیت فعلی اقتصاد در حال حاضر و پیش‌بینی آینده هستند و به خصوص برای اعتبار دهندگان و بانک مرکزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و دلایل متعددی برای توجیه این اهمیت وجود دارد. داده‌هایی که بر پایه آن‌ها شاخص‌های مالی محاسبه می‌گردد ماهیتاً با نگاه به آینده تعریف شده و احتمالاً انتظارات بازار را در مورد داده‌های کلان‌مدنظر قرار می‌دهند. شاخص‌های مالی ممکن است خود نیز به طور مستقیم بر وضعیت آینده اقتصاد تاثیر گذاشته یا از شاخص‌های کلان اقتصادی تاثیر پذیرند. شاخص‌های مالی به موقع، با فراوانی زیاد و در دسترس هستند (روسی^۱ ۲۰۱۳). در حال حاضر مشکل روش پیش‌بینی شاخص‌های مالی شرکت‌ها در این است که استفاده از تمام اطلاعات موجود مربوط به این شرکت‌ها برای پیش‌بینی وضعیت مالی آن‌ها، وجود ندارد. در نتیجه، عملکرد روش‌های پیش‌بینی شاخص‌های مالی در شرکت‌ها نه تنها به استفاده از مدل یا روش‌های است که برای پیش‌بینی به کار می‌رود، که حتی به نحوه انتخاب اطلاعات و نوع اطلاعات انتخاب شده نیز برمی‌گردد. در عمل، برخی از موسسات رتبه‌بندی اعتباری فقط با استفاده از تجارب شخصی و قضاوت خود، اطلاعات مربوط به ارزیابی ریسک اعتباری یک شرکت یا فرد خاص را برگزیده یا با کارت امتیازی ساده به جای مدل‌های آماری پیچیده، به این امر مبادرت می‌کنند (میلارد و نیکولز^۲، ۲۰۱۴).

به طور معمول، در پیش‌بینی شاخص‌های مالی یک شرکت، از جمله شرایط اقتصاد کلان، ویژگی‌های شرکت، وضعیت مالی و اطلاعات بازار، موثرند. طی سال‌های اخیر به جای استفاده از روش‌های رگرسیونی که بر مبنای کمینه کردن مجموع مجذورات انحراف از میانگین برآورد شده‌اند، از الگوهای غیرخطی و نمایی مبتنی بر تغییرات واریانس‌ها نظیر الگوهای آرچ و گارچ بهره‌گرفته شده است. یکی از دلایلی که امروزه جهت پیش‌بینی چون گذشته از رگرسیون خطی ساده یا مرکب کمتر بهره‌گرفته می‌شود، اشکال در تفسیر این الگوها و دقت پیش‌بینی ضعیف آن‌ها بود.

اریکسون^۳ و همکاران (۱۹۹۸)، تصریح می‌دارد که الگوی رفتاری فرض شده در رگرسیون‌های ویژه خطی در عمل برقرار نبوده و لذا الگوهای مزبور از قدرت توضیح دهندگی قابل قبولی برخوردار نیستند. بر همین اساس، پایداری الگوهای مزبور و قدرت پیش‌بینی آنها با تردید مواجه است. گذشته از این اشکال، تغییرات سیاسی و عوامل دیگری که روند تغییرات را از یک الگوی کلاسیک نظیر الگوی خطی خارج می‌سازد نیز اعتبار این الگوها را در پیش‌بینی شاخص‌های مالی زیر سوال می‌برد. در مقابل، مدل‌های ساختاری و الگوهای فرا ابتکاری به ما این امکان را می‌دهند تا شوک‌های ابتدایی را که همه جنبه‌های اقتصاد را شامل می‌شوند، از جمله بخش‌های پولی و مالی، درک کنیم. در اصل ممکن است چنین مدل‌هایی را تخمین زده، شوک‌های مالی را شناسایی کرده

¹ Rossi

² Millard & Nicolae

³ Ericsson

و پاسخ های ضروری را بسازیم که پویایی این شوک ها را از طریق اقتصاد منتقل کنند (فرناندز^۱ و همکاران، ۲۰۱۱).

در همین راستا، در این تحقیق از یک الگوی فراابتکاری مبتنی بر به کارگیری روش تخمین زن میانگین شرطی و تلفیق آن با الگوریتم ژنتیک جهت برآورد شاخص های مالی اساسی مشتمل بر بازده سرمایه^۲، بازده سرمایه گذاری^۳ و ساختار مالی^۴، در سطح شرکت های بازرگانی، تولیدی و بیمه ای بهره گرفته شده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تاریخچه، محاسبه و تبیین شاخص های مالی در متون مالی و حسابداری به خوبی شرح داده شده لذا در اینجا به توضیح مفصل آن ها پرداخته نشده است. شاخص های مالی در ابتدا در سطح کلان و در زمینه تبیین سنجه های وضعیت پولی ابداع گردیده و تدریجاً در دیگر حوزه ها رشد کردند. اشکال اساسی در استفاده از شاخص های مالی، تنوع گسترده آن ها از یک طرف و تفاوت در اطلاعات بیان شده و حتی تفاوت در رتبه یک واحد مورد ارزیابی بر اساس هر شاخص مالی از طرف دیگر، است. بر همین اساس تلفیق نسبت ها مبتنی بر وزن دهی و محاسبه ترکیب وزنی رواج یافته که در هر حال این وزن دهی نیز خود تابعی از قضاوت شخصی بوده و تغییر در وزن ها می تواند رتبه بندی متفاوتی از واحدهای مورد ارزیابی را به دست دهد. مطالعات نسبتاً زیادی در زمینه پیش بینی عملکرد شرکت ها و رتبه بندی آن ها، به ویژه پیش بینی وضعیت مالی شرکت ها بر مبنای شاخص های مالی در سه دهه اخیر به انجام رسیده است (استوارت و هنشیر^۵ ۲۰۱۴). نتایج این تحقیقات در متون علمی حسابداری، اقتصاد و مدیریت گزارش شده است. در این بررسی ها، از دونظرگاه کلی، به بررسی و تحلیل این پیش بینی ها اقدام شده است.

تمرکز یک دسته بر قابلیت پیش بینی وضعیت مالی با استفاده از اطلاعات محیطی موجود است (راعی و فلاح پور ۱۳۹۳). این گروه از مطالعات شواهدی را درباره این موضوع که "آیا نسبت های مالی برای پیش بینی و تحلیل وضعیت مالی در ابعاد ثبات یا وضعیت مالی مفید هستند؟" را فراهم آورده اند. دسته دوم، به بررسی دقت پیش بینی سنجه ها و الگوهای مختلف آماری یا غیر آماری بر مبنای نظر استفاده کنندگان یا انطباق نتایج پیش بینی بر واقعیت های عملکردی پرداخته اند. این گروه از تحقیقات، فرآیند پردازش اطلاعات توسط انسان ها را درباره نحوه پردازش اطلاعات به وسیله استفاده کنندگان و قضاوت این افراد در مورد موضوعاتی مانند وضعیت مالی، ثبات مالی یا وضعیت مالی در شرکت ها را مورد بررسی قرار داده اند (کیسی^۶، ۱۹۸۰).

در پیش بینی وضعیت مالی شرکت ها و رتبه بندی آن ها از این نظر، به طور عمده از اطلاعات حسابداری استفاده شده است. در اکثر مدل هایی که برای پیش بینی وضعیت مالی شرکت ها از اطلاعات حسابداری

¹ Fernandez

² Return on Equity

³ Return on Assets

⁴ Financial Structure

⁵ Stewart & Hensher

⁶ Casey

استفاده شده است، اطلاعات یا سنجه های مزبور اغلب به شکل نسبت(نسبت های نقدینگی، نسبت های سودآوری، نسبت های فعالیت، نسبت های اهرمی، نسبت های بازار، نسبت های بقا، سنجه های کلان اقتصادی) بیان شده اند (بای و انجی^۱ ۲۰۰۲). تلاش محققان در این تحقیقات بر این بوده است تا با استفاده از نسبت های مالی در مدل های متفاوت، شرکت ها را مبتنی بر معیارهای مختلف رتبه بندی کنند.

در بررسی ادبیات تحقیق دیده می شود که در انتخاب ویژگی زیر مجموعه برای مدل های پیش بینی شاخص های مالی شرکت ها، دو جریان پژوهشی وجود دارد. یکی از این جریان های پژوهشی بر حوزه دانش مبتنی بر نظریه های مالی و حسابداری متکی است. مشخصه اصلی ویژگی های انتخاب شده توسط این جریان آن است که در پیش بینی وضعیت مالی می توان به برخی از شاخص ها یا نسبت های مبتنی بر نظریه مالی و حسابداری تکیه کرد (آلتن^۲ و همکاران ۲۰۰۷).

جریان دیگر تحقیقات، در انتخاب زیر مجموعه ویژگی مورد استفاده در پیش بینی، به تکنیک های داده کاوی تکیه نموده اند. پیروان بارز جریان داده کاوی بر این باورند که این داده ها هستند که می خواهند همه چیز را بگویند. این دسته از پژوهش ها رویکرد استفاده از برخی روش های انتخاب سنجه های پیش بینی در داده کاوی را برای شناسایی سنجه هایی موثر بر پیش بینی عملکرد را توسعه داده اند. هرچند بیشتر محققان در این جریان مانند چان و کلس^۳ (۲۰۱۰)، ژو^۴ و همکاران (۲۰۱۲) نشان داده اند که صدها تحقیق در زمینه نوع متغیرهای مالی و حسابداری مورد استفاده در پیش بینی یا مقایسه عملکرد مدل های پیش بینی وجود داشته، ولی تحقیقات اندکی در زمینه شیوه های انتخاب سنجه ها خصوصا بر پایه کاوش داده ها وجود دارد. بررسی مطالعات قبلی مربوط به پیش بینی شاخص های مالی، سابقه ای از انتخاب سنجه های پیش بینی بر پایه حوزه دانش و داده کاوی، همراه با بررسی تفاوت زیر مجموعه ای از سنجه های شناسایی شده با استفاده از دانش تخصصی و سهم داده کاوی در این زمینه، را نشان نمی دهد (چان و کلس ۲۰۱۰؛ دیوسالار^۵ و همکاران ۲۰۱۱).

تسای^۶ (۲۰۰۹)، پنج روش انتخاب سنجه های شناخته شده مورد استفاده در پیش بینی شاخص های مالی را مورد مقایسه قرار داده و با به کارگیری شبکه های عصبی چند لایه پرسپترون برای ساخت مدل پیش بینی، به کار گرفتند. نتایج تحقیق او نشان داد که آزمون t در قیاس با دیگر روش ها موثر بودن سنجه ها را جهت پیش بینی، به طور بهتری نشان داده است. دی یو جاردین^۷ (۲۰۱۰) مدلی مبتنی بر شبکه های عصبی به کار گرفته و از شبکه عصبی جهت انتخاب و گزینش سنجه های موثر بر پیش بینی بهره گرفت. درزنر^۸ و همکاران (۲۰۱۸) طی تحقیقی با استفاده از شبکه های عصبی نشان داد که شیوه کاوش در انتخاب سنجه ها در قیاس با روش های قبلی می تواند دقت پیش بینی وضعیت مالی شرکت های بزرگ را تا ۱۰ درصد افزایش دهد.

¹ Bai & Ng

² Altman

³ Chun & Keles

⁴ Zhou

⁵ Divsalar

⁶ Tsai

⁷ Du Jardin

⁸ Drezner

اصولیان و کر (۱۳۹۶)، از چهار مدل شبیه سازی بر پایه نسبت بدهی، هدف و سرعت تعدیل به سمت هدف، برای پیش بینی نسبت بدهی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده کردند. نتایج نشان داد، هرچه دوره بررسی پایداری نسبت بدهی طولانی شود، رژیم های پایدار کمتر خواهد بود. صادقی شریف و فرازمنند (۱۳۹۶)، به ارزیابی پیش بینی پذیری قیمت سهام با استفاده از شبکه های عصبی فازی در بورس تهران پرداختند. این مطالعه برای دست یابی به این هدف قیمت سهام پنجاه شرکت بورس تهران را با استفاده از شبکه های عصبی فازی پیشخور مدل سازی کرده است. همچنین با استفاده از سیستم کنترلگر انفیس، مدل شبکه عصبی در هر تکرار کنترل می شود. نتایج نشان می دهد دقت پیش بینی شبکه های عصبی فازی بسیار بالاست. رئوفی و محمدی (۱۳۹۷)، ساختاری برای پیش بینی سری های زمانی ارائه کردند که با استفاده از رویکرد محاسبات نرم این امکان را فراهم می آورد تا بتوان با دقت بیشتر مقادیر آینده یک سری زمانی را پیش بینی کرد. در این روش، با استفاده از تجزیه موجک، نویزهای تصادفی داده های ورودی شبکه عصبی فازی تطبیقی کاهش می یابد و از این رو، این عمل باعث کاهش خطا و بهبود در پیش بینی سری زمانی آشوبی مورد نظر می شود. نتایج بیان کننده برتری روش پیشنهادی نسبت به سایر روش هاست.

۳- فرضیه پژوهش

از آن جا که از روش های فرا ابتکاری برای پیش بینی شاخص های مالی استفاده شده، آزمون فرض مصدافی نداشته و فرضیه مطرح نمی شود؛ بلکه هدف پاسخ به پرسش های زیر خواهد بود:

- عوامل موثر بر شاخص های مالی برای پیش بینی کدامند؟
- دقت پیش بینی شاخص های مالی با استفاده از روش تخمین زن میانگین شرطی چقدر است؟
- آیا تلفیق روش میانگین شرطی با الگوریتم ژنتیک دقت پیش بینی را افزایش می دهد؟

۴- روش پژوهش

این پژوهش بر اساس هدف، یک تحقیق کاربردی بوده و بر اساس ماهیت و روش گردآوری داده ها توصیفی است زیرا محقق به دنبال کشف الگوهای پنهان میان داده ها و تشریح این الگوهاست. بدین منظور از روش تحقیق-DM-CRISP استفاده شده است که از فازهای شناخت و درک مسئله، شناخت داده، پیش پردازش داده ها، مدل سازی، ارزیابی، تحلیل نتایج و توسعه تشکیل شده است. این روش انجام تحقیق بر مبنای استفاده از یک مدل استاندارد داده کاوی است که مراحل اجرای تحقیق با الگو گیری از این مدل به صورت گام به گام مورد بررسی قرار می گیرد. این مراحل با تعیین اهداف و شناسایی شاخص های مؤثر بر آن آغاز می شود. سپس به تناسب نیاز، داده ها جمع آوری و آماده سازی می گردد و با استفاده از تکنیک داده کاوی (فرا ابتکاری) مناسب بر روی داده ها، مدل سازی انجام می شود. در فاز بعدی نتایج به دست آمده مورد ارزیابی و اعتبار سنجی قرار می گیرند و در نهایت در فاز آخر، نتایج به دست آمده تحلیل می گردند. اولین سؤال تحقیق که «مناسب ترین منابع جهت دستیابی به اهداف تحقیق کدام است» در بخش شناخت و درک مسئله و شناخت داده مورد بررسی قرار می گیرد. در مورد سؤال

دوم و سوم تحقیق که چگونه می‌توان با استفاده از قابلیت روش تخمین زن میانگین شرطی و الگوریتم ژنتیک، شاخص‌های مالی شرکت‌های را پیش‌بینی نمود در بخش مدلسازی و ارزیابی به آن پرداخته می‌شود. جامعه آماری در این پژوهش کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بوده که به لحاظ افزایش قابلیت مقایسه، دوره مالی آن‌ها منتهی به ۲۹ اسفندماه باشد. همچنین، در طی دوره مورد بررسی ۱۳۸۸ تا پایان ۱۳۹۷، تغییر سال مالی نداشته و اطلاعات مالی آن قابل دسترس باشد. علاوه بر این جزء شرکت‌های مالی (مانند بانک‌ها، مؤسسه‌های مالی) و شرکت‌های سرمایه‌گذاری یا شرکت‌های واسطه‌گر مالی نباشد. زیرا، افشای اطلاعات مالی و ماهیت فعالیت این نوع شرکت‌ها متفاوت است. نهایتاً این که اطلاعات مورد نیاز در بخش تعریف متغیرها در دسترس باشد. با اعمال این شرایط تعداد ۱۳۰ شرکت بورسی طی ده سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۵- مدل و متغیرهای پژوهش

۵-۱- تعیین عوامل موثر

ابتدا با استفاده از تحلیل حوزه دانش و تحلیل محتوی مبتنی بر بررسی پژوهش‌های گذشته، کلیه عوامل موثر بر شاخص‌های مالی استخراج گردید. این عوامل در سه دسته متغیرهای خرد مالی، خرد اقتصادی و کلان اقتصادی دسته‌بندی گردید. در ادامه از روش نظر سنجی دلفی اقماعی و الگوی چند معیاره دیمیتل فازی، برای ارزیابی و پالایش مولفه‌های مزبور استفاده شد (برای اطلاعات بیشتر به رساله علیزاده (۱۳۹۸) مراجعه شود). متغیرهای پالایش شده نهایی به همراه اندازه‌گیری آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. در تعریف متغیرها از پژوهش‌های فرناندز و همکاران (۲۰۱۱)، میلارد و نیکولز (۲۰۱۴)، استوارت و هنشیر (۲۰۱۴) دیوسالار و همکاران (۲۰۱۱) و درزنر و همکاران (۲۰۱۸) بهره گرفته شده است.

جدول ۱- متغیرهای پالایش شده و نحوه اندازه‌گیری

نوع	متغیر	سنجه	نماد	اندازه‌گیری
مولفه خرد مالی	ساختار دارایی	دارایی‌های رهنی	MA_{it}	موجودی‌ها بعلاوه خالص اموال، ماشین‌آلات و تجهیزات بر جمع دارایی‌ها
		دارایی‌های مشهود	TA_{it}	خالص اموال، تجهیزات و ماشین‌آلات بر جمع دارایی‌ها
	فرصت‌های رشد	رشد دارایی‌ها	AG_{it}	تغییر دارایی‌ها نسبت به قبل به دارایی‌های قبل
		ارزش شرکت به بدهی	DV_{it}	ارزش روز سهام بعلاوه ارزش دفتری بدهی بر ارزش دفتری بدهی
		ارزش شرکت به سرمایه	EV_{it}	ارزش روز سهام بعلاوه ارزش دفتری بدهی بر ارزش دفتری سهام
		ارزش شرکت به دارایی	AV_{it}	ارزش روز سهام بعلاوه ارزش دفتری بدهی بر ارزش دفتری دارایی

نوع	متغیر	سنجه	نماد	اندازه گیری
	اندازه شرکت	اندازه دارایی	AS_{it}	لگاریتم طبیعی جمع دارایی ها در پایان دوره
		اندازه درآمد	RS_{it}	لگاریتم طبیعی فروش خالص طی دوره
نقدینگی		نسبت جاری	CR_{it}	جمع دارایی های جاری به جمع بدهی های جاری در پایان دوره
		نسبت آنی	FR_{it}	جمع دارایی های آنی (نقد و شبه نقد) به جمع بدهی های جاری در پایان دوره
		نقد شوندگی دارایی	AL_{it}	نقد و شبه نقد به جمع دارایی ها
ریسک کسب و کار		ریسک تجاری	BR_{it}	نرخ بازده بدون ریسک بعلاوه صرف ریسک شرکت (اختلاف بازده شرکت و متوسط بازده صنعت)
		شاخص کل	TEPIX	تغییر در متوسط شاخص کل در سال نسبت به سال قبل
مولفه های خرد اقتصادی		شاخص قیمت	TEPDIX	تغییر در متوسط شاخص قیمت در سال نسبت به سال قبل
		شاخص بازده قیمت نقد	TEDIX	تغییر در متوسط شاخص بازده قیمت نقد در سال نسبت به سال قبل
		شاخص صنعت	TEI	تغییر در متوسط شاخص صنعت در سال نسبت به سال قبل
		متوسط درآمد فروش شرکت ها	SALES	تغییر در متوسط درآمد فروش شرکت ها در سال نسبت به سال قبل
		توسعه بازار	SD_{it}	ارزش روز سهام به تولید ناخالص داخلی
مولفه های کلان اقتصادی	سرمایه	توسعه مالی	FD_{it}	ارزش روز اوراق بهادار به تولید ناخالص داخلی به درصد
		رشد داخلی	PG_{it}	رشد تولید ناخالص داخلی
	رشد اقتصادی	رشد سرمایه گذاری	IG_{it}	تغییر در دارایی های ثابت اقتصادی بعلاوه تغییر در ذخایر بر تولید خالص داخلی
		نرخ بهره	IR_{it}	نرخ وام یا تسهیلات بلند مدت بانکی
	نرخ تورم	PIG_{it}	رشد شاخص قیمت ها	تغییر شاخص عمومی قیمت ها به درصد
	نرخ مبادله	EG_{it}	تغییر نرخ ارز	تغییر نرخ ارز به درصد
	شاخص مالی	بازده دارایی	بازده سرمایه گذاری	ROA_{it}
بازده سرمایه		بازده سهام	ROE_{it}	سودخالص به ارزش دفتری سهام
ساختار مالی		اهرم مالی	LEV_{it}	بدهی های بلندمدت به ارزش دفتری سهام

روش تخمین زن میانگین شرطی

در این مطالعه با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری تخمین زن میانگین شرطی^۱ (CAE)، مدلی برای پیش بینی شاخص های مالی با لحاظ کردن اثر پارامترهای مهمی نظیر مولفه های خرد مالی، خرد اقتصادی و کلان اقتصادی ارائه گردیده است. این روش که بر اساس نوع خاصی از رگرسیون ناپارامتریک چند بعدی پایه گذاری شده، نشان دهنده نمونه ای از شبکه عصبی احتمالاتی بوده و در اوائل دهه ۱۹۹۰ توسط گرابک و ساچس^۲ (۱۹۹۷) معرفی گردیده است.

بر پایه الگوی پیشنهادی، شاخص های مالی شرکت ها شامل بازده دارایی، بازده سرمایه و اهرم مالی را می توان بر مبنای ویژگی ها و شرایط مختلف اقتصادی و مالی در سطح خرد و کلان توصیف کرد. این توصیف به صورت ریاضی با یک بردار قابل نمایش است که مجموعه این بردارها کل پدیده (در اینجا شاخص های مالی) را توصیف می کند. در توسعه مدل CAE در این مطالعه از یک پایگاه داده شامل ۱۳۰۰ بردار متناظر داده های مربوط به اطلاعات مالی شرکت ها استفاده شده است:

$$\{X_1, \dots, X_n, \dots, X_N\}$$

که در این رابطه X_n برابر با n مین بردار از مجموعه بردارها می باشد. مطابق رابطه زیر هر بردار را می توان به صورت تعدادی از متغیرها نوشت. هر بردار شامل کرنش برشی، تنش محدود کننده، فرکانس بارگذاری، GS، درصد رطوبت بهینه و در نهایت مدول برشی می باشد (سایر ویژگی ها یکسان بوده است). به بیانی دیگر در توسعه مدل جهت پیش بینی مدول برشی مصالح شنی متراکم از پنج متغیر کرنش برشی، تنش محدود کننده، فرکانس بارگذاری، GS و درصد رطوبت بهینه به عنوان ورودی استفاده شده است، مدول برشی نیز تنها متغیر خروجی مدل می باشد.

$$X_n = \{b_{n1}, \dots, b_{nl}, \dots, b_{nD}, c_{n1}, \dots, c_{nk}, \dots, c_{nM}\}$$

b_{n1} تا b_{nD} همان متغیرهای ورودی (در این تحقیق مولفه های خرد مالی، خرد اقتصادی و کلان اقتصادی) و c_{n1} تا c_{nM} متغیرهای خروجی (در این مطالعه متغیرخروجی شاخص های مالی است) می باشد. بردار X_n خود می تواند به دو بردار متغیرهای ورودی و خروجی تجزیه گردد:

$$B_n = \{b_{n1}, \dots, b_{nl}, \dots, b_{nD}\}, C_n = \{c_{n1}, \dots, c_{nk}, \dots, c_{nM}\}$$

باید توجه داشت که هر سطر از ماتریس B_n و C_n باید متناظر یکدیگر باشند. به همین ترتیب بردار پیش بینی نیز می تواند به دو بردار B' و C' (به صورت متناظر) مطابق رابطه زیر تجزیه گردد:

$$B = \{b_1, \dots, b_l, \dots, b_D\}, C' = \{c'_1, \dots, c'_k, \dots, c'_M\}$$

¹ The Conditional Average Estimator (CAE) Method

² Grabec, Sachse

که بردار B شامل متغیرهای ورودی برای حالتی است که متغیرهای خروجی متناظر آن در پایگاه داده وجود ندارد، C نیز شامل متغیرهای خروجی است که به دنبال پیش بینی آن ها هستیم. بنابراین مساله را می توان این گونه مطرح کرد که چگونه می توان بردار خروجی C' متناظر بردار ورودی B را با توجه به مجموعه بردارهای X_n تخمین زد. با استفاده از تابع چگالی احتمال شرطی، تخمین زن بهینه برای مساله را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$c'_k = \sum_{n=1}^N A_n \cdot c_{nk}$$

که در آن c'_k تخمینی از k امین متغیر خروجی، c_{nk} نیز k امین متغیر خروجی در n امین بردار معلوم در پایگاه داده و N تعداد بردارهای معلوم در پایگاه داده می باشد. A_n مطابق زیر تعریف می شود:

$$A_n = \frac{a_n}{\sum_{i=1}^N a_i}$$

تابع چگالی گوس جهت درون یابی هموار میان بردارهای پایگاه داده با عرض w (w را پارامتر هموارکنندگی نیز گویند) به عنوان تابع وزن انتخاب شده است. این تابع به منظور لحاظ کردن اثر n امین بردار معلوم در پایگاه داده در پیش بینی به شکل زیر به کار گرفته شده است.

$$a_n = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} w^D} \exp \left[-\sum_{l=1}^D \frac{(b_l - b_{nl})^2}{2w^2} \right]$$

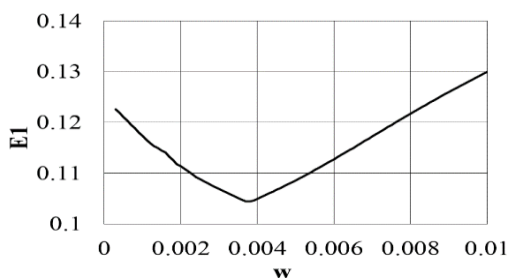
در این رابطه b_{nl} برابر l امین متغیر ورودی در n امین بردار معلوم در پایگاه داده و b_l برابر l امین متغیر ورودی متناظر بردار پیش بینی می باشد. D نیز تعداد متغیرهای ورودی در هر بردار بوده که فضای نمونه را تعریف می کند. در استفاده از روابط اخیر باید توجه داشت که تمامی متغیرها باید در بازه ۰ تا ۱ نرمال شده باشند، بدین منظور در این مطالعه کلیه متغیرها به بیشینه خود تقسیم شده اند. خطای پیش بینی متوسط E_k برای k امین بردار خروجی مطابق زیر قابل محاسبه است:

$$E_k = \frac{1}{c'_k} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (c'_{nk} - c_{nk})^2}$$

رابطه اخیر می تواند به ازای هر یک از متغیرهای خروجی به صورت جداگانه تعریف و محاسبه گردد. از آن جا که در این مطالعه، مدل تنها یک متغیر خروجی (برای هر شاخص مالی باید یک بار به اجرا در آید) دارد بنابراین E_1 (رابطه به ازای $k=1$) به عنوان معیار خطا در نظر گرفته شده است.

در تحقیق حاضر، مشابه برخی روش های مدل های پیش بینی کننده غیر خطی (مثل شبکه های عصبی مصنوعی) پایگاه اطلاعات داده به سه بخش آموزش، آزمایش و اعتبار تقسیم گردید. ۸۵ درصد از بردارها به مجموعه آموزش برای تعیین مقدار بهینه w، ۱۰ درصد از بردارها به مجموعه آزمایش جهت ارزیابی مدل آموزش داده شده و ۵ درصد باقی مانده از بردارها به مجموعه اعتبار به منظور بررسی اعتبارسنجی مدل اختصاص داده شد. اختصاص این داده ها به مجموعه های یاد شده قانون خاصی نداشته و بر اساس قضاوت و تجربه می باشد.

نتایج پیش بینی بوسیله روش CAE تا حد زیادی به پارامتر هموار کنندگی w وابسته است که مقدار آن توسط کاربر تعیین می‌شود. به عنوان یک قاعده کلی مقدار مناسب w به فاصله میان نقطه داده‌ها در پایگاه داده بستگی دارد. به هر حال، در عمل مقدار بهینه پارامتر هموار کنندگی از سعی و خطا بدست می‌آید. با انتخاب مقادیر کوچک برای w (بین صفر و یک) اثر بردارهای با ویژگی‌های غیرمشابه در تعیین بردار پیش بینی به شدت کاهش یافته و سهم بردارهای با ویژگی‌های مشابه افزایش می‌یابد، به بیان دیگر در این حالت تنها بردارهای بسیار مشابه در پیش بینی دخالت خواهند داشت. از طرف دیگر مقادیر بزرگتر w باعث ایجاد اثر میانگین گیری شده و در پیش بینی تعداد بیشتری از بردارها حتی بردارهایی با ویژگی‌های کاملاً متفاوت دخالت داده خواهد شد. به ازای مقادیر مختلف پارامتر هموار کنندگی w ، میزان خطا محاسبه شده و مقدار بهینه آن با سعی و خطا برابر $0/037$ به دست آمده و در نمودار (۱) تصویر گردیده است:



نمودار ۱- خطای $E1$ به ازای مقادیر مختلف پارامتر هموار کنندگی w

۲-۵- روش الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک روش جست و جویی برای یافتن راه حل تقریبی برای بهینه سازی و مسائل است. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم‌های تکامل بوده که از روش‌های زیست‌شناسی فرگشتی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند. الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. مساله‌ای که باید حل شود دارای ورودی‌هایی (در اینجا داده‌های عملکردی در مورد مقادیر مولفه‌های خرد و کلان اقتصادی و شاخص‌های مالی) بوده که طی یک فرایند الگوبرداری شده از تکامل ژنتیکی به پیش بینی شاخص‌های مالی به عنوان راه حل‌ها تبدیل شده سپس راه حل‌ها به عنوان کاندیدها توسط تابع ارزیاب مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و چنانچه شرط خروج مساله فراهم شده باشد الگوریتم خاتمه می‌یابد.

۶- یافته‌های پژوهش

۱-۶- یافته‌های توصیفی

خلاصه وضعیت آمار توصیفی متغیرهای پژوهش، پس از غربال‌گری و جای‌گزینی داده‌های خیلی کوچک یا خیلی بزرگ (داده‌های پرت)، به کمک نرم‌افزار ایوبوز ۹ در جدول (۲) ارائه شده است. در بخش آمار توصیفی، تجزیه و

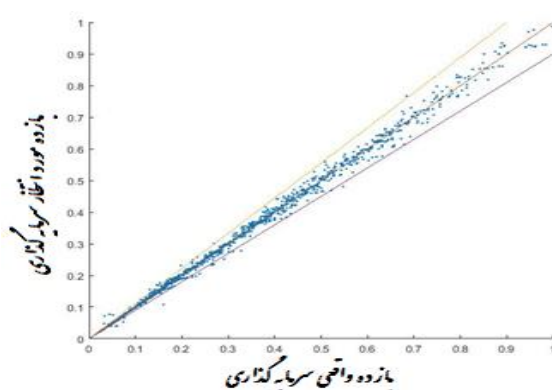
تحلیل داده ها با استفاده از شاخص های مرکزی هم چون میانگین و میانه و شاخص پراکندگی نظیر انحراف معیار انجام پذیرفته است. در این ارتباط میانگین، اصلی ترین شاخص مرکزی بوده و متوسط داده ها را نشان می دهد، به طوری که اگر داده ها بر روی یک محور به صورت منظم ردیف شوند، مقدار میانگین دقیقاً در نقطه تعادل یا مرکز ثقل توزیع قرار می گیرد. انحراف معیار از پارامترهای پراکندگی بوده و میزان پراکندگی داده ها را نشان می دهد.

جدول ۲: توصیف یافته ها (منبع: یافته های پژوهش)

شرح متغیر	نماد	میانگین	میانه	کمینه	بیشینه	انحراف معیار
بازده دارایی	ROA	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۶۲	-۰/۳۰	۰/۱۲
بازده سرمایه	ROE	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۹۶	-۱/۹۵	۰/۲۸
ساختار مالی	LEV	۰/۲۲	۰/۱۱	۲/۸۷	۰/۰۰	۰/۳۱
دارایی های رهنی	MAA	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۹۷	۰/۰۱	۰/۱۹
دارایی های مشهود	TA	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۹۳	۰/۰۰	۰/۱۷
رشد دارایی ها	AG	۰/۱۸	۰/۱۳	۱/۵	-۰/۴۷	۰/۳۲
ارزش شرکت به بدهی	DV	۳/۵۷	۲/۴۳	۳۵/۵۸	۱/۰۷	۳/۳۹
ارزش شرکت به سرمایه	EV	۴/۶۳	۳/۷۹	۴۷/۶۹	۰/۹۰	۳/۴۴
ارزش شرکت به دارایی	AV	۱/۶۴	۱/۴۳	۹/۴۶	۰/۵۸	۰/۷۵
اندازه دارایی	AS	۱۳/۹۱	۱۳/۸۳	۱۹/۷۷	۱۰/۰۳	۱/۴۵
اندازه درآمد	RS	۱۳/۶۳	۱۳/۶۴	۱۹/۲۷	۸/۹۰	۱/۵۰
نسبت جاری	CR	۱/۵۴	۱/۳۱	۱۳/۱۵	۰/۲۱	۱/۰۷
نسبت آبی	FR	۰/۱۹	۰/۰۸	۳/۶۴	۰/۰۰	۰/۳۶
نقد شوندگی دارایی	AL	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۹
ریسک تجاری	BR	۰/۴۳	۰/۳۷	۱/۰۸	-۰/۲۱	۰/۴۰
شاخص کل	TEPIX	۰/۳۷	۰/۲۲	۱/۱۶	-۰/۰۸	۰/۳۵
شاخص قیمت	TEPDIX	۰/۳۶	۰/۲۹	۱/۱۶	-۰/۰۱	۰/۳۲
شاخص بازده قیمت نقد	TEDIX	۰/۳۶	۰/۲۲	۱/۰۷	-۰/۰۶	۰/۳۳
شاخص صنعت	TEI	۰/۳۹	۰/۲۶	۱/۲۰	-۰/۱۰	۰/۳۶
متوسط درآمد فروش	SALES	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۴۴	۰/۰۰	۰/۱۵
توسعه سهام	SD	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱
توسعه مالی	FD	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱
رشد تولید ناخالص داخلی	PG	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۳	-۰/۰۸	۰/۰۵
رشد سرمایه گذاری	IG	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۱۲	-۰/۰۵	۰/۰۵
نرخ تسهیلات بلندمدت	IR	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۰۳
رشد شاخص قیمت ها	PIG	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۹۲	-۰/۵۷	۰/۴۸
تغییر نرخ ارز	EG	۰/۱۸	۰/۱۰	۱/۰۵	۰/۰۰	۰/۲۹

۲-۶- برآورد بازده سرمایه‌گذاری ها بر مبنای الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی

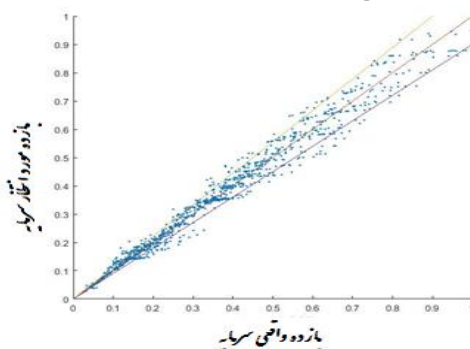
مقادیر بازده دارایی (بازده سرمایه‌گذاری) های واقعی مبتنی بر داده های عملکردی و مقادیر پیش بینی شده توسط الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی به همراه خطوط خطای ۱۰ درصد در نمودار (۲) نشان داده شده است. بر اساس این شکل، الگوریتم فرا ابتکاری مورد استفاده قادر به پیش بینی بازده سرمایه‌گذاری در بیش از ۸۷ درصد از موارد مبتنی بر مولفه های خرد و کلان اقتصادی با خطایی کمتر از ۱۰ درصد را دارا بوده است:



نمودار ۲- مقادیر بازده دارایی واقعی و پیش بینی شده در الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی

۳-۶- برآورد بازده سرمایه (سهام) بر مبنای الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی

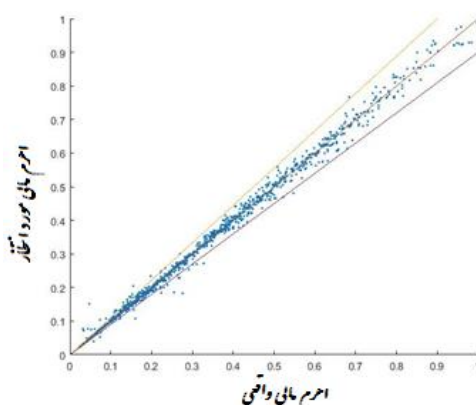
مقادیر بازده سرمایه (سهام) واقعی مبتنی بر داده های عملکردی و مقادیر پیش بینی شده توسط الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی به همراه خطوط خطای ۱۰ درصد در نمودار (۳) نشان داده شده است. بر اساس این شکل، الگوریتم فرا ابتکاری مورد استفاده قادر به پیش بینی بازده سرمایه در بیش از ۸۱ درصد از موارد مبتنی بر مولفه های خرد و کلان اقتصادی با خطایی کمتر از ۱۰ درصد را دارا بوده است:



نمودار ۳- مقادیر واقعی و پیش بینی شده بازده سرمایه در الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی

۴-۶- برآورد بازده سرمایه (سهام) بر مبنای الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی

مقادیر اهرم (ساختار ۹ مالی واقعی مبتنی بر داده های عملکردی و مقادیر پیش بینی شده توسط الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی به همراه خطوط خطای ۱۰ درصد در نمودار (۴) نشان داده شده است. بر اساس این شکل، الگوریتم فرا ابتکاری مورد استفاده قادر به پیش بینی بازده سرمایه در بیش از ۸۵ درصد از موارد مبتنی بر مولفه های خرد و کلان اقتصادی با خطایی کمتر از ۱۰ درصد را دارا بوده است:



نمودار ۴-۶ مقادیر واقعی و پیش بینی شده بازده سرمایه در الگوریتم فرا ابتکاری میانگین شرطی

۴-۵- برآورد عملکرد مالی با الگوریتم فرا ابتکاری تلفیق میانگین شرطی و الگوریتم ژنتیک

معمولا در نظر گرفتن پارامتر هموارکنندگی w به ازای هر متغیر ورودی به صورت جداگانه نسبت به در نظرگیری مقدار یکسان این پارامتر برای همه پارامترها، عملکرد مدل را بهبود داده و منجر به نتایج معقولانه تری می شود. اما در این حالت روابط قبلی کمی پیچیده تر شده و به شکل زیر بازنویسی خواهد شد:

$$a_n = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} w_1 \dots w_D} \exp \left[-\sum_{l=1}^D \frac{(b_l - b_n)^2}{2(w_l)^2} \right]$$

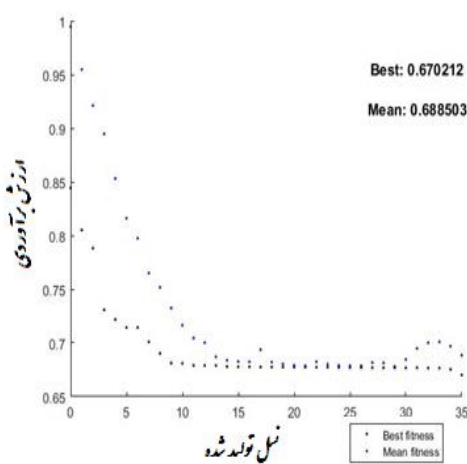
که مقادیر مختلف w_1 متناظر با امین متغیر ورودی بر بردار X_n خواهد بود. انتخاب پارامترهای هموارکنندگی در این حالت (به ازای هر متغیر ورودی به صورت جداگانه) به سادگی حالت اول نبوده و نیازمند تعریف مساله به صورت یک مساله بهینه سازی و به دنبال آن حل مساله با استفاده از یکی از روش های بهینه یابی است. در این مطالعه باید برای هر یک از متغیرهای ورودی (مولفه های خرد مالی و اقتصادی و کلان اقتصادی) یک w انتخاب گردد به نحوی که خطای پیش بینی E_1 کمترین مقدار خود را داشته باشد. در اینجا از الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از قوی ترین روش های بهینه یابی برای مسائل خطی و غیرخطی مورد استفاده قرار گرفته است.

۶-۶- تعیین پارامترهای هموارکنندگی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

در این شبیه‌سازی که از نرم‌افزار متلب استفاده شده، به عنوان پیش فرض ۳۵ نسل با جمعیت هر نسل برابر ۱۲۰۰ کروموزوم، نهایتاً نسبت نخه‌ها در هر نسل ۵ درصد جمعیت آن نسل و مقدار تابع احتمال تزویج برابر ۰/۸ در نظر گرفته شده است.

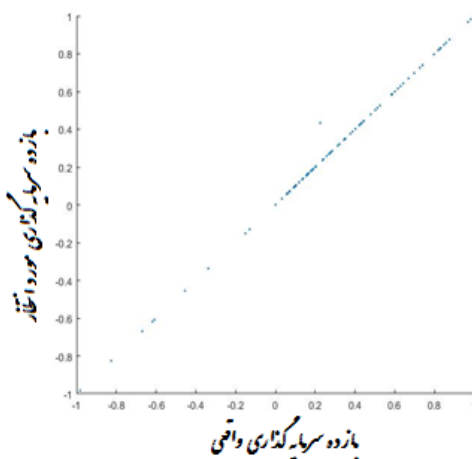
۶-۷- برآورد بازده سرمایه‌گذاری با الگوریتم فراابتکاری تلفیق میانگین شرطی و الگوریتم ژنتیک

در این راستا بر پایه الگوریتم فراابتکاری تلفیقی، بهینه‌سازی پارامترها در برآورد بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاری صورت گرفته که پس از خاتمه بهینه‌سازی مقادیر ۰/۰۲۴، ۰/۰۱۳، ۰/۱۱۲، ۰/۱۸۲، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۷، ۰/۰۵۴، ۰/۱۸۲، ۰/۱۱۴، ۰/۰۲۵، ۰/۰۴۷، ۰/۰۹۵، ۰/۰۰۵، ۰/۰۸۵، ۰/۰۷۴، ۰/۰۳۵، ۰/۰۶۵، ۰/۰۴۸، ۰/۰۷۸، ۰/۰۶۷، ۰/۰۶۰، ۰/۰۴۴، ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۱ به ترتیب برای $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7, W_8, W_9, W_{10}, W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{15}, W_{16}, W_{17}, W_{18}, W_{19}, W_{20}, W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{24}$ به عنوان وزن‌های مولفه‌های خرد و کلان اقتصادی به دست آمد. مقادیر خطای پیش‌بینی E_1 به ازای W_1 تا W_{24} در هر نسل برای برترین کروموزوم‌ها و میانگین آن‌ها در نمودار (۵) آورده شده است.



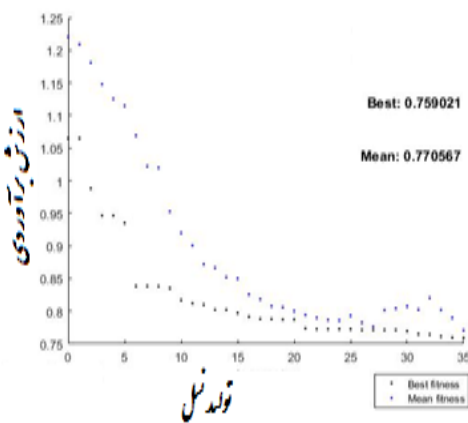
نمودار ۵- مقادیر E_1 برای کروموزوم‌ها و میانگین آن در برآورد بازده سرمایه‌گذاری

مقایسه بین مقادیر واقعی با مقادیر بدست آمده الگوریتم فراابتکاری تلفیقی با پارامتر هموارکنندگی غیر یکسان برای کلیه شرکت‌های مورد مطالعه در نمودار (۶) آورده شده، که در هر دو حالت (حالت پارامتر هموارکنندگی یکسان و غیریکسان)، الگوریتم فراابتکاری پیشنهادی قابلیت مناسبی در شبیه‌سازی مقادیر بازده دارایی (سرمایه‌گذاری‌ها) دارد. مقایسه نتایج در دو حالت بیانگر بهبود پیش‌بینی در صورت استفاده از روش تلفیقی می‌باشد. نتایج بیانگر پیش‌بینی بیش از ۹۷ درصد داده‌ها با خطای کمتر از ۱۰ درصد بوده است.



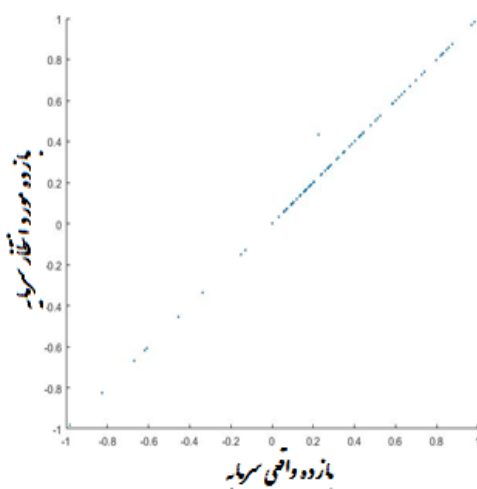
نمودار ۶- مقایسه بازده دارایی واقعی و پیش بینی شده در الگوریتم تلفیقی

۸-۶- برآورد بازده سرمایه با الگوریتم فرا ابتکاری تلفیق میانگین شرطی و الگوریتم ژنتیک در این راستا بر پایه الگوریتم فرا ابتکاری تلفیقی، بهینه سازی پارامترها در برآورد بازده مورد انتظار سرمایه صورت گرفته که پس از خاتمه بهینه سازی مقادیر 0.014 ، 0.025 ، 0.085 ، 0.067 ، 0.089 ، 0.011 ، 0.021 ، 0.065 ، 0.067 ، 0.037 ، 0.069 ، 0.003 ، 0.014 ، 0.041 ، 0.088 ، 0.069 ، 0.058 ، 0.002 ، 0.041 ، 0.017 ، 0.068 ، 0.085 ، 0.003 ، 0.017 به ترتیب برای w_1 ، w_2 ، w_3 ، w_4 ، w_5 ، w_6 ، w_7 ، w_8 ، w_9 ، w_{10} ، w_{11} ، w_{12} ، w_{13} ، w_{14} ، w_{15} تا w_{24} در هر نسل برترین کروموزوم ها و میانگین آن ها در نمودار (۷) آورده شده است.



نمودار ۷- مقادیر E_1 در ۳۵ نسل برترین کروموزوم ها و میانگین آن در برآورد بازده سرمایه

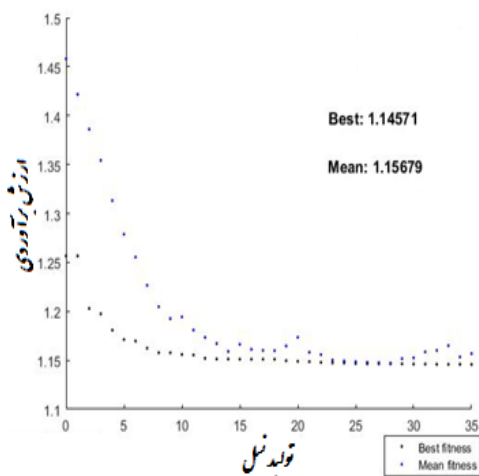
مقایسه بین مقادیر واقعی با مقادیر بدست آمده الگوریتم فرا ابتکاری تلفیقی با پارامتر هموار کنندگی غیر یکسان برای کلیه شرکت های مورد مطالعه در نمودار (۸) آورده شده، که در هر دو حالت (حالت پارامتر هموار کنندگی یکسان و غیریکسان)، الگوریتم فرا ابتکاری پیشنهادی قابلیت مناسبی در شبیه سازی مقادیر بازده سرمایه (سهام) دارد. مقایسه نتایج در دو حالت بیانگر بهبود پیش بینی در صورت استفاده از روش تلفیقی می باشد. نتایج بیانگر پیش بینی بیش از ۹۵ درصد داده ها با خطای کمتر از ۱۰ درصد بوده است.



نمودار ۸- مقایسه بازده سرمایه واقعی و پیش بینی شده در الگوریتم تلفیقی

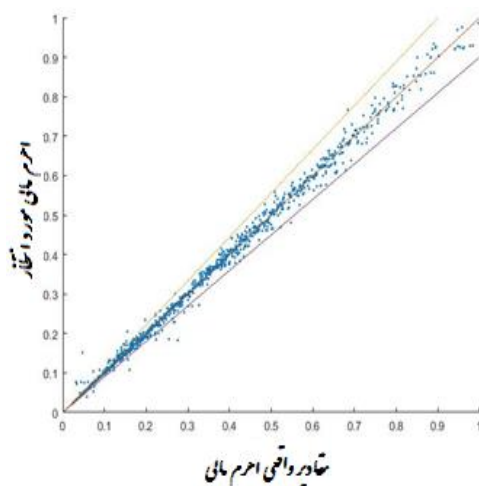
۹-۶- برآورد اهرم مالی با الگوریتم فرا ابتکاری تلفیق میانگین شرطی و الگوریتم ژنتیک

بر پایه الگوریتم فرا ابتکاری تلفیقی، بهینه سازی پارامترها در برآورد ساختار مورد انتظار سرمایه (اهرم مالی) صورت گرفته که پس از خاتمه بهینه سازی وزن های برآوردی به ازای مولفه های خرد و کلان اقتصادی برابر با: ۰/۰۱۴، ۰/۰۱۱، ۰/۰۱۵، ۰/۰۲۵، ۰/۰۶۷، ۰/۰۳۳، ۰/۰۳۹، ۰/۰۲۸، ۰/۰۷۴، ۰/۰۱۸، ۰/۰۱۶، ۰/۰۴۶، ۰/۰۳۵، ۰/۰۲۸، ۰/۰۶۰، ۰/۰۶۹، ۰/۰۸۵، ۰/۰۳۸، ۰/۰۷۴، ۰/۰۱۷، ۰/۰۶۹، ۰/۰۳۴، ۰/۰۲۰، ۰/۰۱۷ به ازای برترین کروموزوم ها و میانگین آن ها در نمودار (۹) آورده شده است.



نمودار ۹- مقادیر E1 در ۳۵ نسل برای برترین کروموزوم ها ومیانگین آن در برآورد اهرم مالی

مقایسه بین مقادیر واقعی و برآوردی اهرم مالی در نمودار (۱۰) آورده شده و نشان داد که در هر دو حالت (حالت پارامتر هموارکنندگی یکسان و غیریکسان)، الگوریتم فراابتکاری تلفیقی قابلیت مناسبی در شبیه سازی مقادیر اهرم مالی و پیش بینی بیش از ۹۴ درصد داده ها با خطای کمتر از ۱۰ درصد بوده است.



نمودار ۱۰: مقادیر اهرم مالی واقعی و پیش بینی

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شاخص‌های مالی سنج‌های مطلوبی برای سیاست‌گذارانی است که مایل به ارزیابی وضعیت فعلی اقتصاد در حال حاضر و پیش‌بینی آینده هستند و به خصوص برای اعتبار دهندگان و بانک مرکزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و دلایل متعددی برای توجیه این اهمیت وجود دارد. امروزه بنا به دلایل متعددی، کمتر از روش‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی متغیرهای مالی استفاده می‌شود. اشکال در تفسیر این الگوها و دقت پیش‌بینی ضعیف این نوع روش‌ها یکی از این دلایل می‌باشد. علاوه بر این، الگوی رفتاری فرض شده در رگرسیون‌های به ویژه خطی در عمل برقرار نبوده و لذا الگوهای مزبور از قدرت توضیح‌دهندگی قابل‌قبولی برخوردار نیستند. بر همین اساس، پایداری الگوهای مزبور و قدرت پیش‌بینی آنها با تردید مواجه است. گذشته از این اشکال، تغییرات سیاسی و عوامل دیگری که روند تغییرات را از یک الگوی کلاسیک نظیر الگوی خطی خارج می‌سازد نیز اعتبار این الگوها را در پیش‌بینی شاخص‌های مالی زیر سؤال می‌برد. در طرف مقابل، مدل‌های ساختاری، الگوهای فرا ابتکاری و روش‌های نوین و قدرتمند فراوانی پیشنهاد شده که دقت پیش‌بینی‌ها را به مراتب افزایش داده است. در این پژوهش، روش تخمین زن میانگین شرطی به عنوان یکی از روش‌های فراابتکاری به منظور پیش‌بینی شاخص‌های مالی اساسی (بازده سرمایه، بازده سرمایه‌گذاری و ساختار مالی) مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی پارامتر هموارسازی (یکی از مهمترین پارامترها در روش تخمین زن میانگین شرطی) بهره گرفته شده است. نتایج شاخص‌های مالی پیش‌بینی شده در برابر مقادیر واقعی به همراه خطوط خطای ده درصد به صورت جداگانه ارائه گردید. بر اساس این نتایج، روش تخمین زن میانگین شرطی توانست بین ۸۱ الی ۸۷ درصد از موارد را منطبق بر واقع با خطای کمتر از ده درصد پیش‌بینی نماید. این مقدار دقت زمانی که روش تخمین زن میانگین شرطی در ترکیب با روش الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شد تا ۹۴ الی ۹۷ درصد بهبود یافت. پژوهش حاضر را می‌توان در راستای توسعه ادبیات در این زمینه با جمع‌بندی مبانی نظری و شواهد تجربی مرتبط با متغیرهای خرد و کلان موثر بر عملکرد یا ساختار مالی از یک طرف و ارائه شواهدی تجربی بر اساس داده‌های عملکردی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران از طرف دیگر دانست (بررسی تحقیق‌های انجام شده در کشورهای مختلف، از آن جهت حایز اهمیت است که تفاوت‌های فرهنگی بین کشورها نیز بر ساختار سرمایه و عملکرد شرکت موثر است). نتایج تحقیق در ارتباط با ارزیابی توان مندی الگوریتم‌های فرا ابتکاری نشان داد که به کارگیری الگوریتم‌های تلفیقی، سودآوری و ساختار مالی شرکت را بر پایه مولفه‌های خرد و کلان اقتصادی منطبق بر واقع و با خطای کمتر پیش‌بینی می‌نماید. لذا به تحلیل‌گران مالی توصیه می‌گردد به جای تکیه بر روش‌های خطی از الگوریتم‌های غیرخطی به ویژه الگوریتم‌های فرا ابتکاری تلفیقی بهره‌گیرند. نتایج حاصل از تحقیق، در پیش‌بینی شاخص‌های مالی و روند آتی آن در شرکت‌ها بسیار کاربردی خواهد بود و نشانگر امکان‌پذیری استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری برای پیش‌بینی دقیق روند عملکردی شرکت‌ها طی سالیان متمادی است. محقق در این پژوهش با محدودیتهایی همچون دامنه زمانی محدود داده‌ها، محدود بودن متغیرهای پژوهش در دسترس، فرض یکسانی روبه‌های حسابداری در شرکت‌های مختلف مواجه بوده است. همچنین پیشینه تحقیقات معادل این پژوهش و استفاده از این نوع روش‌ها بر روی داده‌های موجود بسیار محدود

بوده است. شناسایی و استفاده از فیله های اطلاعاتی جدید در پایگاه داده و همچنین استفاده از روش های نوروفازی و نوروفازی ژنتیک جهت پژوهش های آتی پیشنهاد می گردد.

فهرست منابع

- * ا صولیان، محمد و کر، آجمال، (۱۳۹۶)، پیش بینی اهرم مالی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به کمک مدل های شبیه سازی، فصلنامه تحقیقات مالی، دوره ۱۹، شماره ۱، صفحات ۱-۲۲.
- * راعی، رضا و فلاحپور، سعید، (۱۳۹۳)، پیش بینی درماندگی مالی شرکت ها با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، تحقیقات مالی، سال ششم، شماره ۱۷، صفحات ۳۹-۶۹.
- * رفوفی، علی و محمدی، تیمور، (۱۳۹۷)، پیش بینی بازده بازار سهام تهران با استفاده از ترکیب تجزیه موجک و شبکه عصبی فازی تطبیقی، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، دوره ۲۳، شماره ۷۶، صفحات ۱۰۷-۱۳۶.
- * صادقی شریف، سیدجلال و فرازمنند، سجاد، (۱۳۹۶)، ارزیابی پیش بینی پذیری قیمت سهام با استفاده از شبکه های عصبی فازی در بورس تهران، فصلنامه سیاست های مالی و اقتصادی، دوره ۵، صفحات ۹۷-۱۱۵.
- * علیزاده، ابراهیم، (۱۳۹۸)، ارائه الگوی مقایسه ای اثر مولفه های خرد و کلان اقتصادی بر شاخص های مالی مبتنی بر الگوریتم فرا ابتکاری، رساله دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کیش.
- * نادری خورشیدی، علیرضا و سلگی، محمد (۱۳۹۴). بررسی تأثیر قابلیت های سازمان و ساختار صنعت بر مسئولیت پذیری اجتماعی در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. مجله مدیریت بازرگانی، دوره ۷، شماره ۱، صص ۲۰۹-۲۲۹.
- * Altman, E. I., Zhang, L., & Yen, J. (2007). Corporate financial distress diagnosis in China. New York University Salomon Center, Working Paper.
- * Bai, J. , Ng, S. , 2002. Determining the number of factors in approximate factor models. *Econometrica* 70, 191-221.
- * Casey, C. J. Jr (1980) 'Variations in accounting information load: the effect on loan officers' predictions of bankruptcy', *The Accounting Review*, 55(1) (January): 36-49.
- * Chun, H. , Keles, S. , 2010. Sparse partial least squares regression for simultaneous dimension reduction and variable selection. *J. R. Stat. Soc. B* 72, 3-25.
- * Divsalar, M., Javid, M. R., Gandomi, A. H., Soofi, J. B., & Mahmood, M. V. (2011). Hybrid genetic programming-based search algorithms for enterprise bankruptcy prediction. *Applied Artificial Intelligence*, 25(8), 669-692.
- * Drezner, Z., Marcoulides, G. A., & Hoven Stohs, M. (2018). Financial applications of a tabu search variable selection model. *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences*, 5(4), 215-234.
- * Du Jardin, P. (2010). Predicting bankruptcy using neural networks and other classification methods: The influence of variable selection techniques on model accuracy. *Neurocomputing*, 73(10-12), 2047-2060.
- * Ericsson, N. , Jansen, E. , Kerbeshian, N. , Nymoen, R. , 1998. Interpreting a monetary conditions index in economic policy. In: *Topics in Monetary Policy Modelling, Conference Papers, Vol. 6. Bank for International Settlements.*
- * Fernandez-Corugedo, E., McMahon, M., Millard, S., Rachel, L., 2011. Understanding the

- Macroeconomic Effects of working Capital in the United Kingdom. Bank of England Working Paper 422.
- * Grabec I, Sachse W. Synergetics of Measurement, Prediction and Control. Springer: Berlin, 1997.
 - * Millard, S., Nicolae, A., 2014. The Effect of the Financial Crisis on TFP Growth: A General Equilibrium Approach. Bank of England Working Paper 502. Mueller, P., 2009. Credit Spreads and Real Activity EFA 2008 Athens Meetings Paper.
 - * Rossi, B., 2013. Advances in forecasting under instability. In: Elliott, G., Timmermann, A. (Eds.), Handbook of Economic Forecasting. Elsevier, pp. 1203-1324. Stock, J.H., Watson, M.W., 2002. Forecasting using principal components from a large number of predictors. J. Am. Stat. Assoc. 97, 1167-1179.
 - * Stewart, J. and Hensher, D.A. (2014) 'Predicting Firm Financial Distress: A Mixed Logit Model', The Accounting review, Oct 79(4): 1011-1038.
 - * Tsai, C. F. (2009). Feature selection in bankruptcy prediction. Knowledge-Based Systems, 22(2), 120-127.
 - * Zhou, L., Lai, K. K., & Yen, J. (2012). Empirical models based on features ranking techniques for corporate financial distress prediction. Computers & Mathematics with Applications, 64(8), 2484-2496.

Predicting Corporate Financial Indicators Using the Conditional Average Estimator and Genetic Metaheuristic Algorithms

Ebrahim Alizadeh

Department of Accounting, Kish International Branch, Islamic Azad University, Kish Island, Iran
brahim10140@yahoo.com

Hamid Reza Vaklifard

Associate Professor, Department of Accounting, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(Corresponding Author)
vaklifard.phd@gmail.com

Mohsen Hamidian

Assistant Professor, Department of Accounting, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
hamidian_2002@yahoo.com

Abstract

Predicting the financial position of companies based on financial indicators is one of the most important issues of interest to investors, creditors and other stakeholders of the company such as suppliers or retailers. Because, evaluating a company's financial position before making any investment or lending decisions seems necessary to prevent losses. The purpose of this study was to predict the financial indices of companies using the conditional average estimator method (CAE) and genetic algorithm (GA). The research method was DM-CRISP and the financial data of 130 stock companies over 10 years from 2009 to 2018 were analyzed. The results showed that the conditional average estimator method has high accuracy and ability in modeling. Also, the use of genetic algorithm in combination increases the accuracy of prediction. Capital Market Operators Can Use Research Results to Better Predict Corporate Financial and Performance Indicators.

Keywords: Financial Indices, Conditional Average estimator, Genetic Algorithm.

