فصلنامه علمی تخصصی

پژوهش‌های بازاریابی اسلامی

دوره ۲، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۲

تاثیر تحلیل الگوریتم ترکیبی فراابتکاری در تنوع بخشی پرتفوی و بازده مازاد صندوق های سرمایه گذاری و نقش آن در بازاریابی مالی اسلامی

نرگس صالحی آذری[۱]، شادی شاهوردیانی[۲*]، غلامرضا زمردیان[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مالی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲] استادیار، گروه مدیریت بازرگانی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۳] استادیار، گروه مدیریت بازرگانی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۶ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۲/۰۹

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تاثیر تحلیل الگوریتم ترکیبی فراابتکاری در تنوع بخشی پرتفوی و بازده مازاد صندوق های سرمایه گذاری و نقش آن در بازاریابی مالی اسلامی می باشد. تحقیق حاضر از نظر روش جزء تحقیق‌های همبستگي مي‌باشد در پژوهش‌هاي همبستگي تلاش محقق براي كشف يا تعيين رابطه بين يك يا چند متغير تمركز دارد. در واقع هدف اين روش مطالعه حدود تغييرهاى يك يا چند متغير با حدود تغييرهاى يك ياچند متغير ديگر است واز نظر هدف اين پژوهش، تحقيقي كاربردي است كه نتايج حاصل از آن مي‌تواند براي سهامداران، مسئولين بورس اوراق بهادار و محققان مفيد باشد و از نظر نوع بررسي‌هاي پس رويدادي كه بر اساس داده‌هاي مالي گذشته به بررسي فرضيه‌ها مي‌پردازد. جامعه‌ی آماری این پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۳۶ ماهه در بازه زمانی فروردین ۱۳۹۹ تا اسفند ۱۴۰۱ است که تعداد آنها بر اساس نرم افزار ره آورد ۵۹۱ شرکت است. با توجه به شرایط و اعمال محدودیتهای یاد شده تعداد ۱۵۰ شرکت در ۳۶ ماهه منتهی به اسفند ماه ۱۴۰۱ به عنوان نمونه انتخاب شد. با مشاهده نتایج مدل‌های انتخاب سبد سهام با سنجه‌های منفرد و ترکیبی درمی‌یابیم که در هر سه مدل با افزایش بازده، مقدار ریسک نیز افزایش می‌یابد.که این نشان می‌دهد سرمایه‌گذاران برای کسب بازده بیشتر، ناگزیر به پذیرش ریسک بالاتری هستند. از نظر سرمایه‌گذار مدل چند هدفه ارائه شده بر مدل‌های موجود و متداول برتری دارد، چرا که جواب بهتر و چند بعدی نسبت به سایر روش‌ها به‌دست آمده است. از طرفی، سرعت بیشتر در مدل های ارائه شده نسبت به سایر مدل‌ها با توجه به حجم محاسبات و تعداد سنجه‌های محاسباتی به دلیل استفاده از برنامه‌ریزی خطی و کاهش مسئله‌های قابل حل، از ویژگی مدل‌های ارائه شده است که خود می‌تواند موجب کاهش زمان و هزینه، برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذار شود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ترکیبی، فراابتکاری، تنوع بخشی، پرتفوی، بازده مازاد، صندوق های سرمایه گذاری.

* نویسنده مسئول: شادی شاهوردیانی، ایمیل: shshahverdiani@gmail.com

مقدمه

ارتباط مستقیم و تأثیر مثبت و معنی‌دار توسعه بازارهای مالی بر رشد و توسعه اقتصادی مبین این مطلب است که بدون داشتن بازارهای مالی سازمان یافته، رقابتی و کارآمد امکان داشتن اقتصادی توسعه یافته بعید به نظر می رسد بنابراین فراهم کردن زمینه وجود بازارهای مالی پویا، رقابتی و کارآمد به منظور تجهیز منابع پس‌اندازی و هدایت و تخصیص بهینه آن بین فعالیت‌های متعدد اقتصادی باید بر مبنای پایه‌ای و اصولی در هر نظام اقتصادی و در کانون توجه مسئولان و سیاست‌گذاران قرار گیرد. این موضوع در کشورهای در حال توسعه که محدودیت و پراکندگی منابع پس‌اندازی و سرمایه‌گذاری از ویژگی‌های بارز آن‌ها است باید در جایگاه به مراتب مهم‌تری قرار گیرد. نگاهی به بخش مالی اقتصاد ایران، حکایت از این واقعیت دارد که اقتصاد کشور هنوز از ضرورت‌ها و مزایای بازارهای مالی مطلوب که پاسخگوی نیازهای اقتصادی و از جمله اهداف سیاست‌های آزاد سازی، خصوصی‌سازی و تعادل و توسعه باشد، محروم است و از این بابت تأثیرات نامطلوب و بازدارنده بسیاری بر فرایند رشد و توسعه بخش‌های مختلف اقتصادی تحمیل شده است. سرمایه‌گذاری فرایند سیستماتیک و انسجام یافته است. اهداف سرمایه‌گذاری مشخص بوده و استراتژی معینی برای رسیدن به آن‌ها وجود دارد. هرفعالیت سرمایه‌گذاری بدون داشتن استراتژی مشخص و دیدگاهی روشن نسبت به خواسته‌ها پر هزینه و شاید کم بازده باشد. سرمایه‌گذاری از نیازهای اولیه برای گذار از یک اقتصاد توسعه‌نیافته به توسعه‌یافته است (اعتمادي، محمدي ، ناظمي‌اردكاني، ۱۳۸۸).

هر سرمایه‌گذار می‌تواند مستقیماً در اوراق بهادار یا از طریق واسطه‌های مالی، غیر مستقیم سرمایه‌گذاری کند. بازارهای مالی[1] در دهه‌های اخیر با تحولات چشم‌گیری مواجه شده‌اند. با پیدایش واسطه‌های مالی و ابزارهای مالی جدید رفته رفته از نقش انحصاری واسطه‌های مالی خاص و به ویژه بانک‌ها تا حدودی کاسته شده است و جایگاهی خاص برای واسطه‌هایی چون صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشاع و شرکت‌های سرمایه‌گذاری با سرمایه باز، باز شده است.

انتخاب سبد سهام یکی از اصول مهم در سرمایه گذاری می باشد و مقدار ریسک این انتخاب از اهمیت بسزایی برخوردار است.سرمایه گذاران علاقمندند که با پذیرش سطح مشخصي از ریسك به بازده مورد انتظار خود دست یابند. از اینرو، مقدار ریسك به نیاز سرمایه گذار بستگي دارد و سنجه هاي ریسك براي سرمایه گذاران مختلف متفاوت است. از مشکلاتي که بسیاري از سرمایه گذاران در بازار سرمایه با آن مواجه هستند دسترسي نداشتن به اطلاعات کافي و همچنین نداشتن دانش لازم براي تحلیل بازار سرمایه و به تبع آن، سهام مورد نظر خود، براي سرمایه گذاري است. در این شرایط، نیاز به ابزار و مدل هاي کارآمد جهت تحلیل داده هاي بورس به منظور کاهش ریسك ناشي از تشکیل سبد سهام براي سرمایه گذاران و تصمیم گیري مطمئن تر احساس مي شود. لذا تلاش می شود ضمن بررسی سنجه ریسک نیم واریانس بصورت منفرد با سنجه بازده یعنی میانگین، با استفاده از تئوری فازی یک مدل ریاضی برای اندازه گیری ریسک سبد سهام با در نظر گرفتن پانزده سهم از سهام شرکت های بازار سرمایه ایران ارائه شود تا زمینه بهتری برای اندازه گیری ریسک سبد سهام فراهم شود. از ویژگی های بارز این مدل ریاضی در نظر گرفتن تلرانس بازدهای با کمک تئوری فازی جهت واقعی شدن ریسک سبد سهام مورد بررسی است.

استفاده از سنجه ریسك بطور همزمان استفاده از تئوری فازی، دقت حل را بالا برده وبا روش هاي رياضي خاص و ساده، پیچیدگي ناشي از این نوع ترکیب را حل مي کند. بسیاری از افراد ترجیح می دهند با استفاده از صندوق های سرمایه گذاری نسبت به سرمایه گذاری در بخش های مختلف جامعه مشارکت داشته باشند. این صندوق‌ها برای افرادی که قصد دارد به صورت غیرمستقیم در بورس سرمایه گذاری کنند یا اینکه زمان و اطلاعات کافی برای سرمایه گذاری مستقیم را ندارند مناسب است. با این کار، سرمایه گذار امکان دستیابی به بازدهی بالاتر از سود بانکی را به دست خواهد آورد (بهزادپور و رحمانی، ۱۳۹۸) . در این مقاله، از روش های مبتنی بر داده کاوی و هوش مصنوعی برای بهبود پورتفوی استفاده می‌گردد. برای این مسئله یک مدل بهینه‌سازی با محدودیت های چندگانه ارائه شده و از الگوریتمهای فرا ابتکاری جهت حل مسئله استفاده می گردد. محدودیتهای در نظر گرفته شده در این مدل عبارتند از بازده،

1 – Financial Market

خالص، بازدهمازاد، محدودیت های غلبه تصادفی با فرض احتمال اطلاعات ناقص، محدودیت مومنت، محدودیتهای تنوع بخشی، محدودیتهای مرزی، محدودیت بودجه. همچنین توابع هدف مدل براساس معیارهای یکی از معیارهای ریسک (VAR، CVAR، SPP-CVAR) و معیار انتروپی-شانون طراحی می‌گردد.

با توجه به اینکه صندوق‌های سرمایه‌گذاری یکی از مهم‌ترین سیستم های مالی در انتقال سرمایه از سوی سرمایه گذاران به سوی شرکت های تولیدی و مالی را بر عهده دارند، نحوه سرمایه گذاری و بهبود سرمایه گذاری این شرکت ها از اهمیت خاصی برخوردار است. در واقع بهبود شاخص های پرتفوی صندوق های سرمایه گذاری هم می توانند مستقیم سرمایه گذاران و شرکت های سرمایه‌گذاری را منتفع کند.

ادبیات تحقیق

یک صندوق سرمایه گذاری، مجموعه‌ای از سهام، اوراق مشارکت و سایر اوراق بهادار است. صندوق‌های سرمایه‌گذاری نوعی ابزار مالی هستند که از محبوبیت زیادی بین سرمایه‌گذاران برخوردار هستند. در همین راستا، در سرتاسر جهان، صندوق های سرمایه‌گذاری به شکل ها و روش های مختلف و بعنوان ابزاری مفید و کارآمد برای سرمایه‌گذاری، شکل گرفته‌اند (رضوی و همکاران، ۱۴۰۰).

در دنیای سرمایه‌گذاری، یکی از اصطلاحاتی که خیلی به گوش می‌خورد و هر سرمایه‌گذار باید بداند معنی و مفهوم آن چیست، کلمه پرتفوی است که در صندوق های سرمایه گذاری به ترکیب دارایی شناخته می‌شود. پرتفوی در واقع باعث ایجاد رابطه‌ای بین ریسک و بازدهی می‌شود. (هو جین لی[1] و همکاران، ۲۰۱۴). سبد سرمایه‌گذاری صندوق ها مطابق با اهداف سرمایه‌گذاری مندرج در اساسنامه آن ساخته و نگهداری می‌شود. عدم اطمینان و ریسک از مسائل مهمی است که سرمایه‌گذاران در سبد سرمایه خود با آن مواجه هستند و در صدد انتخاب سبد با ریسک کمتر و بازده بیشتر می‌باشند. یکی از راه های کاهش عدم اطمینان، بهینه سازی سبد سرمایه گذاری است، تشکیل سبدهای متنوع و بهینه میزان ریسک را تا حد زیادی کاهش می دهد. در بحران اقتصادی سال ۱۹۸۷ آمریکا، تنها کمتر از پنج درصد از صندوق های مشترک سرمایه گذاری (که اقدام به تشکیل سبد سرمایه گذاری کرده بودند) با زیان روبرو شدند(هو جین لی و همکاران، ۲۰۱۴).

غفارپور (۱۴۰۰) نشان داد که افزایش تمرکز پرتفوی می تواند به بهترین ایده های سرمایه گذاری مدیران اهمیت بیشتری بدهد و میزان آلفای مورد انتظار صندوق را افزایش دهد ، اما همچنین افزایش تمرکز پرتفوی می تواند نوسانات خاص را افزایش دهد. صندوقی که تمرکز پرتفوی خود را با یک انحراف معیار استاندارد افزایش دهد ، سالانه ۲۴ درصد بازده تعدیل شده ریسک را افزایش می دهد. بنابراین افزایش انحراف معیار در تمرکز پرتفوی، تأثیر زیادی در بازده سرمایه تعدیل شده توسط ریسک با مالکیت نهادی کم (متوسط سالانه ۳۶ واحد پایه) دارد اما تأثیر کمی بر صندوق هایی با مالکیت نهادی بالا دارد. نتایج در سری های زمانی نشان داد که سرمایه در سری های زمانی هنگامی که تمرکز پرتفوی در دوره هایی افزایش یابد که شرایط بازار این انتخاب را برای تمام سرمایه هزینه کند ، عملکرد صندوق افزایش می یابد.

مشهدی (۱۴۰۱) ارزیابی عملکرد و رتبه بندی، از بهترین راه های به دست آوردن اطلاعات برای تصمیم گیری در سازمان‌ها است. نتایج ارزیابی ها ، به شفافیت بیشتر و حتی افزایش رقابت در بازار می انجامد.

شارما ویپال[2] (۲۰۱۵) به بررسی مسئله ارزیابی عملکرد پرتفولیو برپایه ریسک براساس شواهد مختلف در کشور هند پرداخته‌اند. این مطالعه عملکرد اوراق بهادار مبتنی بر ریسک را در شرایط مختلف بازار ارزیابی می کند. آنها چهار استراتژی پورتفولیو با وزن یکسان[3]

1. Hu, Jin-Li
2. Sharma Vipul
3. The equally weighted portfolio

(EW)، پرتفولیو با کمترین واریانس عمومی[1] (GMV)، پورتفولیو با تنوع بالا[2] (MDP) و پورتفولیو با ریسکهای یکسان[3] (ERC) را ارزیابی کرده و نتایج آنها نشان داد، هیچ استراتژی واحد، سایر استراتژیها را تحت شرایط مختلف بازار مغلوب نمی کند. و استراتژی GMV دارای حداقل ریسک بوده و شواهدی وجود دارد که نشان می دهد که معمولا پورتفولیو مبتنی بر سرمایه بر بازار بهتر عمل می کند.

کاوت[4] و همکاران (۲۰۱۶) جهت بهینه سازی پرتفولیو یک الگوریتم بهینه سازی براساس نویز صوت به بهینه سازی توابع هدف می‌پردازند. آنها ابتدا برای مسئله بهینه سازی پرتفولیو یک مدل ریاضی براساس هدف افزایش عملکرد ارائه داده و سپس از الگوریتم پیشنهادی جهت حل مدل استفاده کرده‌اند. همچنین مقایسه نتایج آنها با نتایج سایر روشهای موجود در ادبیات موضوع، حاکی از عملکرد بالای الگوریتم پیشنهادی آنها می‌باشد.

هوانگ و سو[5] (۲۰۱۸) به بررسی کاربرد روش کاپولا-گارچ جهت تخمین ارزش در معرض ریسک با در نظر گرفتن ریسک نکول اعتباری ٦ (CDS) پرداخته‌اند. آنها شش روش که بصورت ترکیبی با گارچ هستند، را برای محاسبه ارزش در معرض ریسک اوراق بهادار که دارای CDS می‌باشند را استفاده کرده و نتایج آنها را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج نشان داد روش ترکیبی، گارچ-کاپولا و جی کلاینت و T استیودنت بهترین عملکرد را در تخمین VAR برای داده‌های روزانه دارد.

کوی[7] و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی استراتژی‌های مبتنی بر زمان و خود هماهنگی برای انتخاب پورتفوی بهینه چند دوره‌ای براساس رویکرد میانگین-CVAR پرداخته‌اند. در تحقیق آنها استراتژی سازگار با زمان بصورت یک تابع خطی پراکنده از سطح ثروت است که در آن می توان با حل یک سری از مدلهای عدد صحیح مختلط بصورت جداگانه ، سایر پارامترها را محاسبه کرد. استراتژی خود هماهنگی نیز بصورت یک برنامه محدب با محدودیت درجه دوم مشخص شده است. آنها نشان دادند که استراتژی از پیش متعهد و استراتژی سازگار با زمان موارد توسعه‌ای از استراتژی خود هماهنگی هستند.

دیورینگ[8] و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی استفاده از الگوریتمهای متاهیوریستیک جهت بهینه‌سازی پورتفولیو و مدیریت ریسک فعلی و آینده پرداخته‌اند. این مقاله به بررسی ادبیات موضوع استفاده از متاهیوریسکها جهت حل مسائل سخت بهینه‌سازی می پردازد و ظرفیت آنها را برای ارائه راه حل های با کیفیت بالا در سناریوها با توجه به محدودیت های واقعی نشان می دهد.

ژای[9] و همکاران (۲۰۲۰) نیز از الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ برای بهینه‌سازی پورتفوی تحت مدل سازی غلبه تصادفی مرتبه دوم پرداخته‌اند. آنها برای مسئله بهینه‌سازی پورتفوی یک مدل براساس رویکرد غلبه تصادفی مرتبه دوم ارائه داده و مدل را با استفاده از الگوریتم نهنگ حل نمودند. همچنین عملکرد الگوریتم نهنگ را با الگوریتمهای گرگ خاکستری ، الگوریتم بهینه سازی پرواز میوه ، الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم کرم شب تاب مقایسه نموده و نتایج آنها نشان داد که الگوریتم نهنگ عملکرد بهتری در دستیابی به جواب بهینه دارد.

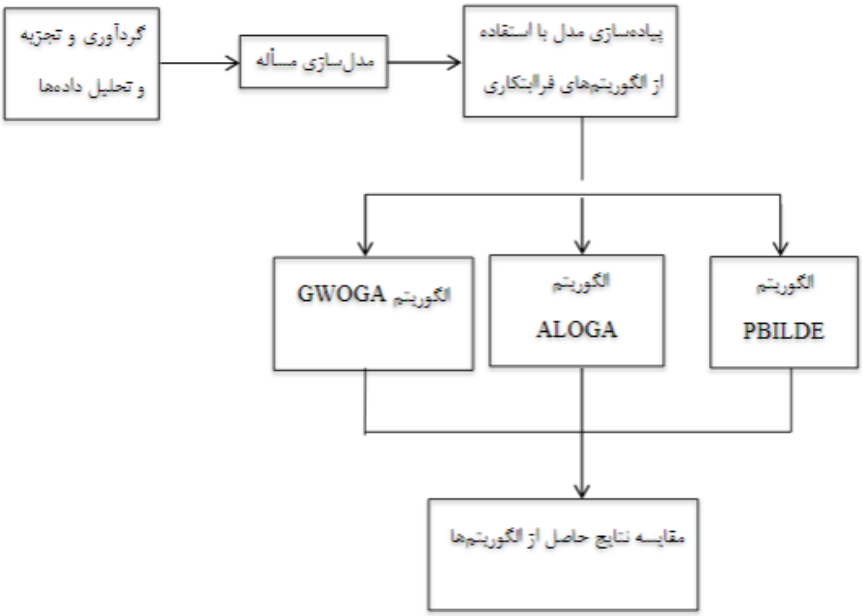
در تحقیق حاضر، تلاش می شود یک مدل بهینه‌سازی جهت تنوع بخشی پورتفوی و بازده مازاد صندوقهای سرمایه گذاری براساس رویکرد غلبه تصادفی با فرض احتمال اطلاعات ناقص ارائه شده و سپس جهت حل مدل از الگوریتمهای فرا ابتکاری مانند نهنگ استفاده

1. The global minimum variance portfolio
2. The most diversified portfolio
3. Equal risk contribution portfolio
4. Cauwet
5. Huang & So
6. Credit Default Swaps
7. Cui
8. Doering
9. Q. H. Zhai

می شود. در راستای دستیابی به هدف تحقیق مدل برنامه‌ریزی ریاضی ارائه شده و جهت استخراج ماتریس واریانس-کواریانس یا نوسانات از رویکرد ARMA GARCH استفاده می شود. در واقع در این تحقیق بررسی می شود تنوع بخشی پرتفوی و بازده مازاد صندوق های سرمایه گذاری با تحلیل الگوریتم فرا ابتکاری تا چه اندازه می توانند باعث بهبود و افزایش سوددهی در صندوق های سرمایه گذاری شود؟

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نظر روش جزء تحقیق‌های همبستگي مي‌باشد در پژوهش‌هاي همبستگي تلاش محقق براي كشف يا تعيين رابطه بين يك يا چند متغير تمركز دارد. در واقع هدف اين روش مطالعه حدود تغييرهاى يك يا چند متغير با حدود تغييرهاى يك ياچند متغير ديگر است واز نظر هدف اين پژوهش، تحقيقي كاربردي است كه نتايج حاصل از آن مي‌تواند براي سهامداران، مسئولين بورس اوراق بهادار و محققان مفيد باشد و از نظر نوع بررسي‌هاي پس رويدادي كه بر اساس داده‌هاي مالي گذشته به بررسي فرضيه‌ها مي‌پردازد. جامعه‌ی آماری این پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۳۶ ماهه در بازه زمانی فروردین ۱۳۹۹ تا اسفند ۱۴۰۱ است که تعداد آنها بر اساس نرم افزار ره آورد ۵۹۱ شرکت است. با توجه به شرایط و اعمال محدودیتهای یاد شده تعداد ۱۵۰ شرکت در ۳۶ ماهه منتهی به اسفند ماه ۱۴۰۱ به عنوان نمونه انتخاب شد.



شکل ۳-۱-مدل مفهومی پژوهش

الگوریتم مورد استفاده در پژوهش

در مدل این پژوهش از تابع هدف درجه ی دو استفاده شده است و این مدل از لحاظ پیچیدگی، از نوع مسائل غیرخطی چند جمله‌ای است. این نوع مسائل به دلیل پیچیدگی قابل حل به صورت دقیق نیستند و الگوریتم‌های فرا ابتکاری می‌توانند مجموعه جواب مناسب در زمان قابل قبول برای مسائل غیرخطی چندجمله ای را بدست آورند. الگوریتم‌های فراابتکاری به کار رفته برای حل این مسأله در بخش های بعدی توضیح داده شده است.

الگوریتم شیر مورچه: همان طور که در فصل دوم بیان شد الگوریتم فراابتکاری ،شیر مورچه از جمله الگوریتم های فراابتکاری

نوین برای حل مسائل بهینه سازی است. در این پژوهش برای حل مسأله ی بهینه سازی سبد سهام از الگوریتم ترکیبی شیر مورچه و ژنتیک (ALOGA) استفاده شده است. در ادامه مدل سازی ریاضی رفتار شیر مورچه و طعمه ها در طبیعت بیان می‌شود. سپس گامهای الگوریتم ترکیبی شیر مورچه و ژنتیک تشریح می شود.

عاملهای الگوریتم ALO: الگوریتم ALO تعامل بین شیر مورچه و مورچه های در دام افتاده است. برای مدل سازی این تعامل مورچه ها در امتداد فضای جواب حرکت میکنند و شیر مورچه ها مجاز به شکار آنها هستند. از آنجایی که مورچه ها در طبیعت به صورت تصادفی حرکت میکنند و احتمال به دام افتادن توسط شیر مورچه وجود دارد یک مدل ریاضی برای گامهای تصادفی در نظر گرفته می‌شود که به صورت فرمول زیر بیان می‌شود.

$$X(t)=[0, \text{cumsum}(2\,r(t_1)-1), \text{cumsum}(2\,r(t_2)-1), \ldots, \text{cumsum}(2\,r(t_n)-1)]$$

$$r(t)=\begin{cases}1 & rand > 0.5\\ 0 & rand \le 0.5\end{cases}$$

Cumsum = تقاضای تجمعی

n = بیشینه تکرارها

t = مراحل گام‌های تصادفی

r(t) = انتخاب عدد تصادفی از بازه[۱، ۰] با توزیع یکنواخت

موقعیت هر مورچه در مساله‌ی بهینه سازی در ماتریس M ذخیره می‌شود و درایه‌های آن متغیرهای جواب هستند ماتریس در زیر آورده شده است.

$$M_{Ant}=\begin{bmatrix}AL_{1,1} & \cdots & AL_{1,d}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ AL_{n,1} & \cdots & AL_{n,d}\end{bmatrix}$$

$$M_{OAL}=\begin{bmatrix}f(\{AL_{1,1}, AL_{1,2}, \ldots, AL_{1,d}\})\\ \vdots\\ f(\{AL_{n,1}, AL_{n,2}, \ldots, AL_{n,d}\})\end{bmatrix}$$

گام تصادفی مورچه: مورچه ها موقعیت خود را با گامهای تصادفی در هر تکرار از مسأله بهینه سازی بهنگام میکنند. مدل ریاضی آن در معادله زیر بیان شده است اما از این معادله به صورت مستقیم نمیتوان استفاده کرد زیرا هر فضای جستجو دارای یک مرز است که نباید گام تصادفی از آن تجاوز کند. به منظور قرار دادن گام های تصادفی در داخل فضای جستجو ابتدا از معادله زیر و سپس از معادله بعدی استفاده می‌شود.

$$X_i^t = \frac{(X^t - a_i)(d_i - c_i)}{(b_i - a_i)} + c_i$$

a_i= کمینه گام‌های تصادفی در i امین متغیر

b_i= بیشینه گام‌های تصادفی در i امین متغیر

c_i= کمینه i امین متغیر

به دام افتادن طعمه: همانطور که قبلا بحث شد تله‌ای که شیر مورچه ها برای به دام انداختن مورچه حفر می‌کنند تحت تاثیر حرکت تصادفی در فضای جواب است. برای ارائه‌ی یک مدل ریاضی معادله‌ی زیر در نظر گرفته شده است.

$$c_t^j = antlion_j^t + c^t$$

$$d_t^j = antlion_j^t + d^t$$

c^t= کمینه متغیرها در تکرار t ام

c_i^t= کمینه i امین متغیر از تکرار z ام

d^t= بیشینه متغیرها در تکرارt ام

d_i^t= بیشینه i امین متغیر از تکرار z ام

رابطه‌های بالا نشان دهنده گام‌های تصادفی مورچه در اطراف شیر مورچه انتخاب شده است.

ساختن تله: در الگوریتم ALO فرض می‌شود هر مورچه، تنها در دام یک شیر مورچه‌ی انتخاب شده می‌افتد. در این الگوریتم از عملگر انتخاب مسابقه‌ای برای انتخاب شیر مورچه بر اساس تابع هدف در طول بهینه سازی استفاده می‌شود. بنابراین شیر مورچه‌ای که تابع هدف بهتری دارد، شانس بیشتری برای شکار مورچه دارد.

سر خوردن مورچه ها به سمت شیرمورچه: با توجه به مکانیزم‌هایی که تاکنون ارائه شد، شیر مورچه قادر به ساختن تله متناسب با تناسب اندام خود است و مورچه نیز ملزم به حرکت تصادفی است. همانطور که در قسمت‌های قبل گفته شد هنگامی که شیر مورچه از ورود مورچه به تله با خبر شود شن را به سمت دیواره‌ی گودال پرتاب می‌کند که این رفتار باعث می‌شود مورچه به سمت پایین گودال کشیده شود و مسیر مخروطی شکل را طی کند. برای مدل سازی ریاضی این رفتار شعاع حرکت تصادفی مورچه به طور انطباقی کاهش می‌یابد. معادلات زیر در این زمینه ارائه شده است.

$$C^t = \frac{C^t}{I}$$

$$d^t = \frac{d^t}{I}$$

C^t = کمینه‌ی متغیرها در تکرار t ام

d^t = بیشینه‌ی متغیرها در تکرارt ام

در رابطه‌ی بالا به صورت رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود.

$$I = 10^{w}\frac{t}{T}$$

t = تکرار فعلی

T = بیشترین تعداد تکرارها

در رابطه‌ی بالا مقدار ثابتی است که بر مبنای تکرار فعلی بدست می‌آید. رابطه‌ی زیر مقادیر w را به ازای مقادیر مختلف t نشان می‌دهد.

$$w = \begin{cases} 2 & t > 0.1T \\ 3 & t > 0.5T \\ 4 & t > 0.75T \\ 5 & t > 0.9T \end{cases}$$

گرفتار کردن طعمه و بازسازی گودال: مرحله‌ی نهایی شکار زمانی است که مورچه به پایین گودال می‌رسد و گرفتار آرواره‌های شیر مورچه می‌شود. برای مدل سازی این رفتار فرض می‌شود گرفتار شدن زمانی رخ می‌دهد که موقعیت مورچه نسبت به موقعیت شیر مورچه متناسب تر باشد، بنابراین موقعیت شیر مورچه باید برای شکارهای بعدی به روز رسانی شود رابطه‌ی زیر برای این منظور به کار گرفته شده است.

$$antlion_j^t = ant_i^t \qquad \text{if } f(ant_i^t) > f(antlion_j^t)$$

t = تکرار فعلی

$antlion_j^t$ = موقعیت شیرمورچه j ام در تکرار t ام

ant_i^t = موقعیت مورچه i ام در تکرار t ام

نخبه گرایی: نخبه گرایی یکی از ویژگی‌های الگوریتم‌های تکاملی است که اجازه می‌دهد در هر مرحله از فرآیند بهینه سازی بهترین راه حل از نظر تابع هدف حفظ شود بهترین شیر مورچه در هر تکرار به عنوان نخبه در نظر گرفته می‌شود از آنجایی که نخبه متناسب ترین شیر مورچه است قادر خواهد بود بر حرکات مورچه‌ها در طول الگوریتم تاثیر بگذارد. بنابراین فرض می‌شود هر مورچه به طور تصادفی اطراف شیر مورچه‌ی انتخاب شده از طریق انتخاب مسابقه‌ای و شیر مورچه‌ی نخبه، به صورت همزمان حرکت می‌کند. حرکت تصادفی مورچه در اطراف شیر مورچه به صورت زیر مدل سازی می‌شود.

$$ant_i^t = \frac{R_A^t + R_E^t}{2}$$

R_A^t = حرکت تصادفی در اطراف شیرمورچه انتخاب شده به وسیله‌ی انتخاب مسابقه‌ای در تکرار t ام

R_E^t = حرکت تصادفی در اطراف نخبه در تکرار t ام

ant_i^t = موقعیت مورچه i ام در تکرار t ام

الگوریتم ترکیبی شیر مورچه و ژنتیک: مسأله ی بهینه سازی سبد سهام از دو بخش پیوسته و گسسته تشکیل شده است که در این پژوهش برای قسمت پیوسته که همان نسبت سهام سرمایه گذاری شده بر روی هر شرکت است، از الگوریتم شیر مورچه استفاده شده و برای قسمت گسسته که مربوط به انتخاب داراییهای سرمایه گذاری شده است الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفته است.

الگوریتم گرگ خاکستری: نوین برای حل مسائل بینه سازی است. از دیگر الگوریتم های استفاده شده در این پژوهش الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک (GWOGA) است. در بخشهای بعدی مدل سازی ریاضی روش شکار و سلسله مراتب اجتماعی گرگ خاکستری شرح داده می‌شود . سپس گامهای الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک بیان می‌شود

سلسله مراتب اجتماعی: به منظور مدل سازی ریاضی سلسله مراتب اجتماعی گرگها برای طراحی GWO ، بهترین جواب به عنوان آلفا در نظر گرفته می‌شود متعاقبا دومین و سومین جواب بهتر بتا و دلتا نامیده میشوند. بقیه جوابهای نامزد امگا فرض می.شوند در الگوریتم GWO شکار بهینه سازی به وسیله ی آلفا، بتا و تتا هدایت می‌شود گرگهای از این ۳ گرگ پیروی می کنند.

محاصره ی طعمه: همانطور که در بالا ذکر شد گرگهای خاکستری طعمه را در طول شکار محاصره می کنند. به منظور مدلسازی ریاضی رفتار محاصره ای معادلات زیر ارائه شده است:

$$\vec{D} = |\vec{C}.\vec{X_p}(t) - \vec{X}(t)|$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X_p}(t) - \vec{A}.\vec{D}$$

بردارهای A وC و به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\vec{A} = 2\vec{a}.\vec{r_1} - \vec{a}$$

$$\vec{C} = 2.\vec{r_2}$$

درایه‌های بردار a به صورت خطی از ۲ به ۰ کاهش می‌یابند. بردارهای r_1 و r_2 به صورت تصادفی از بازه‌ی [0,1] انتخاب می‌شوند.

شکار: گرگ خاکستری این توانایی را دارد که محل شکار را شناسایی کند و آن را محاصره نماید. شکار معمولا به وسیله ی آلفا هدایت می‌شود بتا و دلتا نیز ممکن است گاهی اوقات در شکار شرکت کنند. اما، در یک فضای انتزاعی جستجو ما هیچ ایده ای در مورد محل بهینه (طعمه .نداریم. به منظور شبیه سازی ریاضی رفتار شکار گرگ ،خاکستری فرض می‌شود که آلفا بهترین جواب از بین جوابهای موجود)، بتا و دلتا از محل شکار اطلاع بهتری دارند بنابراین ۳ جواب بهتر به دست آمده ذخیره میشوند و عاملهای دیگر جستجو از جمله (امگا مجبور میشوند تا موقعیت خود را مطابق با موقعیت بهترین عامل جستجو به روز رسانی کنند فرمولهای زیر در این زمینه ارائه شده اند.

$$\vec{D_\alpha} = |\vec{C_1}.\vec{X_\alpha} - \vec{X}|, \vec{D_\beta} = |\vec{C_2}.\vec{X_\beta} - \vec{X}|, \vec{D_\delta} = |\vec{C_3}.\vec{X_\delta} - \vec{X}|$$

$$\vec{X_1} = \vec{X_\alpha} - \vec{A_1}.(\vec{D_\alpha}), \vec{X_2} = \vec{X_\beta} - \vec{A_2}.(\vec{D_\beta}), \vec{X_3} = \vec{X_3} - \vec{A_3}.(\vec{D_\delta})$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X_1} + \vec{X_2} + \vec{X_3}}{3}$$

حمله به طعمه: همانطور که قبلا بیان شد گرگ خاکستری زمانی که شکار متوقف شد به آن حمله می‌کند. به منظور مدلسازی ریاضی نزدیک شدن به شکار مقدار a کاهش مییابد توجه داشته باشید که محدوده ی نوسان A نیز به وسیله ی a کاهش می یابد به بیان

دیگر مقادیر بردار A در بازه ی [2a,2a-] است که ۵ از ۲ به صفر در طول تکرار الگوریتم کاهش می یابد. هنگامی که مقادیر تصادفی A در بازه ی [۱و۱-] است.

موقعیت بعدی یک عامل جستجو میتواند در هر موقعیتی بین موقعیت فعلی و موقعیت شکار باشد.

با اپراتورهایی که تا کنون پیشنهاد شده است الگوریتم GWO اجازه می‌دهد تا عوامل جستجو موقعیت خود را بر اساس موقعیت آلفا بتا و دلتا به روز رسانی کنند و به سمت طعمه حمله کنند. اما الگوریتم GWO با استفاده از این اپراتورها مستعد ابتلا به رکود در راه حلهای محلی است. گرچه مکانیزم محاصره ی پیشنهادی تا حدودی اکتشاف را نشان می‌دهد اما GWO نیاز به اپراتورهای بیشتری برای تأکید اکتشاف دارد.

جستجو برای شکار(اکتشاف): گرگ خاکستری به طور عمده مطابق با موقعیت آلفا بتا و دلتا جستجو انجام می‌دهد. آنها به صورت جدا از هم به جستجو برای شکار میپردازند و با هم به شکار حمله میکنند. به منظور مدل سازی ریاضی این رفتار، از بردار با مقادیر بزرگتر از ۱ یا کوچکتر از ۱- استفاده می کنیم. از دیگر اجزای GWO که به اکتشاف کمک می‌کند C است همان طور که در فرمول زیر می بینید بردار C مقادیر تصادفی در بازه ی [۰و۲] را شامل می‌شود قابل توجه است که در اینجا C به صورت خطی در مقابل A کاهش نیافته است.

الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک: مسأله ی بهینه سازی سبد سهام از دو بخش پیوسته و گسسته تشکیل شده است که در این پژوهش برای قسمت پیوسته که همان نسبت سهام سرمایه گذاری شده بر روی هر شرکت است، از الگوریتم گرگ خاکستری استفاده شده و برای قسمت گسسته که مربوط به انتخاب داراییهای سرمایه گذاری شده است الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفته است.

الگوریتم ترکیبی یادگیری افزایشی مبتنی بر جمعیت و تکامل تفاضلی: یکی از الگوریتمهای موفق و کارآمد در زمینه ی بهینه سازی سبد سهام الگوریتم ترکیبی PBILDE است الگوریتم PBILDE دو الگوریتم PBIL و DE را ترکیب می.کند در این الگوریتم ترکیبی برای قسمت پیوسته که همان نسبت سهام سرمایه گذاری شده بر روی هر شرکت است، از الگوریتم PBIL استفاده شده و برای قسمت گسسته که مربوط به انتخاب داراییهای سرمایه گذاری شده است الگوریتم DE مورد استفاده قرار گرفته است در بخشهای بعد شرح مراحل این الگوریتم آورده شده است.

تولید فرزند با استفاده از الگوریتم DE: برای تولید فرزندان نسل جدید ابتدا یک جمعیت آزمایشی که به صورت P^{a+1} نشان میدهند تولید می‌شود. هر سبد سهام از جمعیت آزمایشی از بردارهای W و S تشکیل می‌شود که بردار W نسبت سرمایه گذاری شده بر روی هر دارایی را نشان می‌دهد و S نشان می‌دهد که سبد سهام از چه داراییهایی تشکیل شده است. برای هر جمعیت آزمایشی اگر دارایی نام انتخاب شود وزن آن از رابطه ی زیر به دست می آید.

$$\bar{W}_{j,i}^{g+1} = W_{r_3,i}^{g} + \mathrm{F} \times (W_{r_1,i}^{g} - W_{r_2,i}^{g})$$

جمعیت نسل بعد از جمعیت فعلی و جمعیت آزمایشی تعیین می‌شود اگر جمعیت آزمایشی بهتر از جمعیت فعلی باشد به عنوان جمعیت نسل بعد انتخاب می‌شود در غیر اینصورت جمعیت فعلی به عنوان جمعیت نسل بعد انتخاب می‌شود.

یافته‌ها

جدول (۱) خلاصه آماره های توصیفی مربوط به ۱۵۰ شرکت تشکیل دهنده نمونه را نشان می‌دهد.

جدول ۱-آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

نام متغیر	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانه	میانگین
میانگین بازده سهام	۱،۶۷	-۰،۵۰۶	۰،۲۲۱۵	۰،۳۸۲۷	۰،۴۶۳
کوواریانس بین سهام شرکت‌ها	۹،۴۱	۰،۰۰۲۹	۰،۹۴۴	۰،۴۸	۰،۹۴

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول شماره (۱) میانگین بازده سهام در بازه بین ۰/۵۰۶ و ۱/۶۷ تغییر می‌کند و به طور میانگین در حدود ۰/۴۶۳ است. کوواریانس بین سهام شرکت ها در بازه بین ۰/۰۰۲۹ و ۹/۴۱ متغیر است و به طور میانگین در حدود ۰/۹۴ است.

شاخص های الگوریتم ترکیبی شیرمورچه و ژنتیک

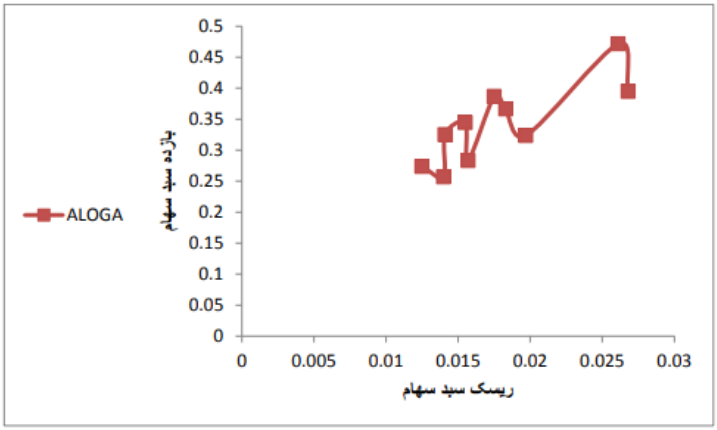
معیار شاخص‌های الگوریتم ترکیبی شیرمورچه و زنتیک به وسیله‌ی آزمون و خطا و در حالتی مناسب برای حل مساله این پژوهش تنظیم شده است. جدول شماره (۲) معیار شاخص های این الگوریتم را نشان می‌دهد.

جدول ۲- معیار شاخص های الگوریتم ترکیبی شیرمورچه و ژنتیک

شاخص	معیار	شاخص	معیار
جمعیت اولیه‌ی شیرمورچه	۱۰	نرخ جهش	۰،۰۰۱
جمعیت اولیه‌ی مورچه	۱۰	نرخ تقاطع	۰،۲
بیشینه تعداد تکرارها	۵۰۰	ضریب ریسک‌گریزی	۰،۲

مرز کارای سبد سهام الگوریتم شیر مورچه و ژنتیک

نمودار شماره (۱) مرز کارای الگوریتم ترکیبی شیرمورچه و زنتیک را برای ۱۰ سبد سهام نشان می‌دهد که به وسیله‌ی اجرای نرم افزار visiual studio نسخه ۲۰۱۰ و زبان برنامه نویسی c به دست آمده است. هر نقطه روی این نمودار معرف یک سبد با ریسک و بازده‌ی نشان داده شده است.



شکل ۱- مرز کارای الگوریتم ترکیبی شیرمورچه و ژنتیک

جدول شماره (۲) نسبت شرکت های نمونه در سبد سهام (w) برای ۱۰ سبد سهام که در نمودار شماره (۱) نشان داده شده است را با استفاده از الگوریتم ترکیبی شیرمورچه و ژنتیک نشان می‌دهد.

شاخص های الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک

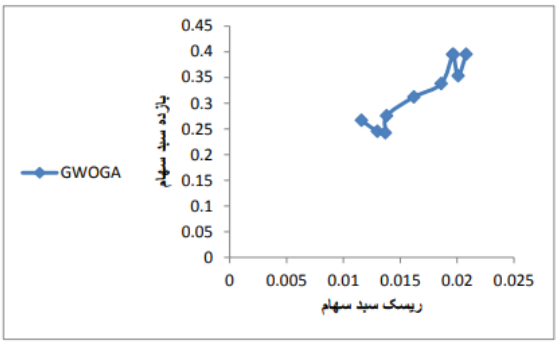
معیار شاخص های الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک به وسیله‌ی آزمون و خطا و در حالتی مناسب برای حل مساله این پژوهش تنظیم شده است. جدول شماره (۳) معیار شاخص های این الگوریتم را نشان می‌دهد.

جدول ۳-معیار شاخص های الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک

شاخص	معیار	شاخص	معیار
جمعیت اولیه‌ی گرگ خاکستری	۱۰	نرخ جهش	۰,۰۰۱
ضریب ریسک‌گریزی	۰,۲	نرخ تقاطع	۰,۲
بیشینه تعداد تکرارها	۵۰۰		

مرز کارای سبد سهام الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک

نمودار شماره (۲) مرز کارای الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک را برای ۱۰ سبد سهام نشان می‌دهد که به وسیله‌ی اجرای نرم افزار visiual studio نسخه ۲۰۱۰ و زبان نویسی c به دست آمده است. هر نقطه روی این نمودار معرف یک سبد با ریسک و بازده‌ی نشان داده شده است.



شکل ۲- مرز کارای الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک

شاخص های الگوریتم ترکیبی یادگیری افزایشی مبتنی بر جمعیت و تکامل تفاضلی

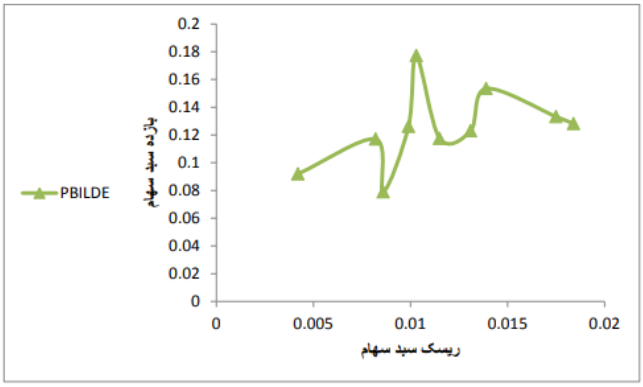
معیار شاخص های الگوریتم ترکیبی یادگیری افزایشی مبتنی بر جمعیت و تکامل تفاضلی به وسیله‌ی آزمون و خطا و در حالتی مناسب برای حل مساله‌ای این پژوهش تنظیم شده است. جدول شماره (۴) معیار شاخص های این الگوریتم را نشان می‌دهد.

جدول ۴- معیار شاخص های الگوریتم ترکیبی شیر مورچه و ژنتیک

شاخص	معیار	شاخص	معیار
بردار احتمال اولیه	۰,۵	نرخ جهش	۰,۰۰۱
اندازه‌ی آرشیو(M)	۵	نرخ تقاطع	۰,۲
بیشینه تعداد تکرارها	۵۰۰	ضریب ریسک‌گریزی	۰,۲
نرخ یادگیری	۰,۱	نرخ یادگیری منفی	۰,۰۷۵
نرخ جهش بردار احتمال	۰,۵	احتمال جهش	۰,۵

مرز کارای سبد سهام الگوریتم ترکیبی یادگیری افزایشی مبتنی بر جمعیت و تکامل تفاضلی

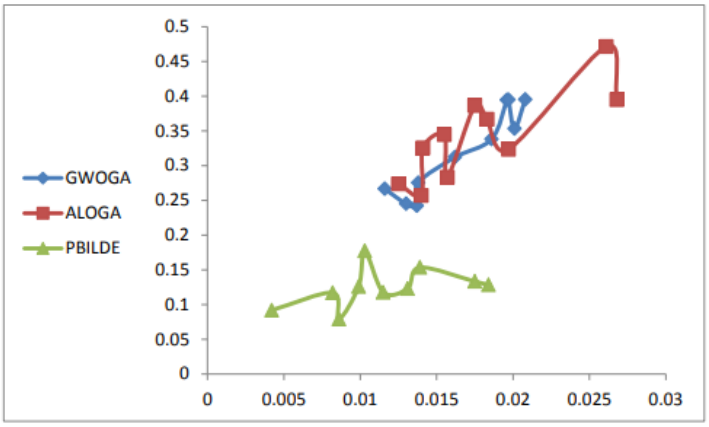
نمودار شماره (۳) مرز کارای الگوریتم ترکیبی یادگیری افزایشی مبتنی بر جمعیت و تکامل تفاضلی را برای ۱۰ سبد سهام نشان می‌دهد که به وسیله‌ی اجرای نرم افزار Visiul studio نسخه ۲۰۱۰ و زبان نویسی c به دست آمده است. هر نقطه روی این نمودار معرف یک سبد با ریسک و بازده‌ی نشان داده شده است.



شکل ۳- مرز کارای الگوریتم ترکیبی یادگیری افزایشی مبتنی بر جمعیت و تکامل تفاضلی

مقایسه الگوریتم های به کار رفته در پژوهش

شکل (۴) مرز کارای الگوریتم های به کار رفته در پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۴- مقایسه مرز کارای الگوریتم های به کار رفته در پژوهش

از آنجایی که ضریب ریسک گریزی سرمایه گذار در این پژوهش ۲ حالت ریسک پذیری سرمایه گذار انتخاب شده است بنابراین

افزایش بازده نسبت به کاهش ریسک اهمیت بیشتری دارد. در نتیجه هر چه شیب نمودار ریسک بازده بیشتر باشد وضعیت مطلوبتری را نشان می‌دهد همانطور که نمودار (۴) نشان می‌دهد شیب الگوریتمهای GWOGA و ALOGA نسبت به الگوریتم PBILDE بیشتر است. نقاط الگوریتم GWOGA در سطح برابری از ریسک بازده بیشتری نسبت به الگوریتم PBILDE دارد و نوسانات کمتری نیز نسبت به الگوریتم ALOGA دارد. بنابراین الگوریتم GWOGA وضعیت مطلوب تری نسبت به دو الگوریتم دیگر دارد و از آنجایی که الگوریتم PBILDE الگوریتمی مطلوب در این زمینه است بنابراین الگوریتمهای GWOGA و ALOGA که وضعیت مطلوبتری نسبت بهPBILDE دارند الگوریتمهایی کارا در زمینه‌ی بهینه سازی سبد سرمایه گذاری هستند.

توانایی الگوریتم های ALOGA، GWOGA و PBILDE در ارائه سبد سهام بهینه از دو بعد تشکیل سبد سهام و رسم مرز کارای سبد سهام ارزیابی شد. جدول (۵) توانایی این الگوریتم ها را در ارائه سبدهای سهام بهینه نشان می‌دهد.

جدول ۵- خلاصه نتایج مربوط به الگوریتم های به کار رفته

سبد	الگوریتم GWOGA		الگوریتم ALOGA		الگوریتم PBILDE	
سهام	بازده مورد انتظار	ریسک	بازده مورد انتظار	ریسک	بازده مورد انتظار	ریسک
۱	۰,۲۶۶	۰,۰۱۱۶	۰,۲۷۳	۰,۰۱۲۵	۰,۰۹۱۹	۰,۰۰۴۲
۲	۰,۲۴۵	۰,۰۱۳۰	۰,۲۵۶	۰,۰۱۴	۰,۱۱۷	۰,۰۰۸۲
۳	۰,۲۴۲	۰,۰۱۳۷	۰,۳۲۵	۰,۰۱۴۱	۰,۰۷۹	۰,۰۰۸۶
۴	۰,۲۷۵	۰,۰۱۳۸	۰,۳۴۴	۰,۰۱۵۵	۰,۱۲۶۱	۰,۰۰۹۹
۵	۰,۳۱۲	۰,۰۱۶۲	۰,۲۸۳	۰,۰۱۵۷	۰,۱۷۷۲	۰,۰۱۰۳
۶	۰,۳۳۸	۰,۰۱۸۶	۰,۳۸۶	۰,۰۱۷۵	۰,۱۱۷۵	۰,۰۱۱۵
۷	۰,۳۹۴	۰,۰۱۹۶	۰,۳۶۶	۰,۰۱۸۳	۰,۱۲۲۹	۰,۰۱۳۱
۸	۰,۳۹۴	۰,۰۱۹۷	۰,۳۲۳	۰,۰۱۹۷	۰,۱۵۳۴	۰,۰۱۳۹
۹	۰,۳۵۳	۰,۰۲۰۱	۰,۴۷۱	۰,۰۲۶۱	۰,۱۳۳۲	۰,۰۱۷۵
۱۰	۰,۳۹۵	۰,۰۲۰۸	۰,۳۹۴	۰,۰۲۶۸	۰,۱۲۸۲	۰,۰۱۸۴

با توجه به اطلاعات مندرج در جدول (۵) با استفاده از الگوریتم ترکیبی شیر مورچه و زنتیک و الگوریتم ترکیبی گرگ خاکستری و ژنتیک مشابه الگوریتم PBILDE می‌توان سبد سهام بهینه تشکیل داد به گونه ای که با افزایش ریسک بازده مورد انتظار افزایش می‌یابد.

آیا الگوریتم پیشنهادی نسبت به سایر الگوریتم‌های انجام شده در این زمینه نتایج خوب و کارایی بدست می‌دهد؟

به منظور پاسخ گویی به سوال دوم پژوهش ریسک و بازده مورد انتظار سبدهای سهام الگوریتم های استفاده شده در پژوهش مقایسه شد. جدول (۶) خلاصه نتایج مربوط به ارزیابی توانایی این الگوریتم ها را نشان می‌دهد.

جدول ۶- خلاصه نتایج مربوط به سوال دوم پژوهش

	اطلاعات خروجی	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانه	میانگین
الگوریتم GWOGA	بازده مورد انتظار	۰,۳۹۵	۰,۲۴۲۱	۰,۱۸۶۴	۰,۶۵	۰,۳۲۱۶
	ریسک	۰,۰۲۰۸	۰,۰۱۱۶	۰,۰۱۰۳۳	۰,۰۱۷۴	۰,۰۱۶۷
الگوریتم ALOGA	بازده مورد انتظار	۰,۴۷۱۳	۰,۲۵۶۹	۰,۱۹۶۷	۰,۳۳۴۷	۰,۳۴۲۵
	ریسک	۰,۰۲۶۸	۰,۰۱۲۵	۰,۰۱۵۴	۰,۰۱۶۶	۰,۰۱۸۰۲
الگوریتم PBILDE	بازده مورد انتظار	۰,۱۷۷	۰,۰۷۹	۰,۰۸۳	۰,۱۴۷۳	۰,۱۲۴۶
	ریسک	۰,۰۱۸۴	۰,۰۰۴۲	۰,۰۱۲۹	۰,۰۱۰۹	۰,۰۱۱۵۶

با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول (۶) الگوریتم های پیشنهادی کارایی مناسبی برای حل مساله‌ی بهینه سازی سبد سهام دارند.

مدل پیشنهادی تحت سنجه ریسک ترکیبی بصورت تک زمانه با محدودیت هزینه معاملاتی

در این بخش، (مدل میانگین- نیم واریانس- ارزش در معرض ریسک شرطی) بررسی شد. در این مدل، از دو معیار ریسک و یک معیار برای اندازه‌گیری بازده به‌طور همزمان استفاده می‌شود. ما یکی از سنجه‌های اصلی ریسک را نیم واریانس به همراه سنجه ریسک یعنی ارزش در معرض ریسک شرطی به طور همزمان برای اندازه‌گیری ریسک و انتخاب سبد سهام مطلوب در نظر می گیریم. چرا که نیم واریانس به عنوان سنجه ریسک نامطلوب و شبیه به واریانس است، با این تفاوت که تنها انحراف بازده مورد انتظار در ناحیه پایینی بازده مورد انتظار (زیان) را در نظر می‌گیرد و بسیاری از سرمایه گذاران علاقه‌مند به استفاده از نیم واریانس به عنوان تحلیل‌گر ریسک، نامطلوب هستند. مسئله انتخاب سبد سهام با کمک سه معیار میانگین، نیم واریانس و ارزش در معرض ریسک شرطی، تبدیل به یک مسئله چند هدفه می‌شود. معیار دیگر ریسک، یعنی ارزش در معرض ریسک شرطی به عنوان سنجه دیگر ریسک استفاده می شود.

در این نوع مدل انتخاب سبد سهام، سرمایه‌گذار می‌تواند یکی از سنجه‌های ریسک یاد شده را به همراه نیم واریانس انتخاب کند و مقادیر هریک از سنجه‌ها را به‌صورت چند بعدی مشاهده نماید. به کمک این روش نتایجی به‌دست می آید که در صورت استفاده از سنجه‌ها به‌طور مجزا قابل حصول نیست. همچنین، این روش به سرمایه گذاران اجازه انتخاب بیش از یک سنجه ریسک را به صورت یک مدل یکپارچه را می دهد. جهت تحصیل اوراق بهادار و هرگونه سرمایه گذاری، انواع متفاوتی از هزینه ایجاد می‌شود. به‌طور مسلم، مهم‌ترین عامل هزینه، هزینه خرید می باشد. اما عوامل هزینه دیگری مانند هزینه معاملات، چه تناسبی و چه ثابت نیز ممکن است وجود داشته باشند.

از این رو اضافه کردن چنین محدودیت‌هایی به مدل گامی در جهت واقعی‌تر شدن مدل‌های اندازه‌گیری میزان ریسک و انتخاب سبد سهام مطلوب محسوب می‌شود. در مسئله چند هدفه ما نیاز به حل رابطه زیر داریم.

$$\begin{aligned}&\text{Minimize}\\&[\text{Semivariance}(X),\text{CVar}(X),-E(X)]\\&\text{subject to } X \in A\end{aligned}$$

همان‌گونه که در مدل(۴-۳-۱) مشاهده می‌کنیم ما به دنبال کمینه‌سازی سه هدف هستیم، ما می‌خواهیم دو سنجه ریسک حاصل از بردار سرمایه‌گذاری نیم واریانس یعنی Semivariance(X) و ارزش در معرض ریسک شرطی یعنی CVar(X) را کمینه و بازده مورد انتظار حاصل از بردار سرمایه‌گذاری E(X) را بیشینه کنیم یعنی -E(X)را کمینه سازیم. که در این مدل چند هدفهA فضای جواب حاصل از نحوه سرمایه‌گذاری است.

در مدل از نیم واریانس به عنوان سنجه ریسک اصلی، به‌صورت ثابت استفاده می‌کنیم و آن را در تابع هدف نگه می‌داریم و توابع هدف دیگر را مطابق روش محدودیت ε 22 وارد محدودیت مدل می کنیم. زیرا نیم واریانس به عنوان یک سنجه ریسک نامطلوب بسیار کارا می‌باشد و در ایران نیز زیاد مورد مطالعه قرار نگرفته است. مسئله تک هدفه زیر ما را به جواب می‌رساند.

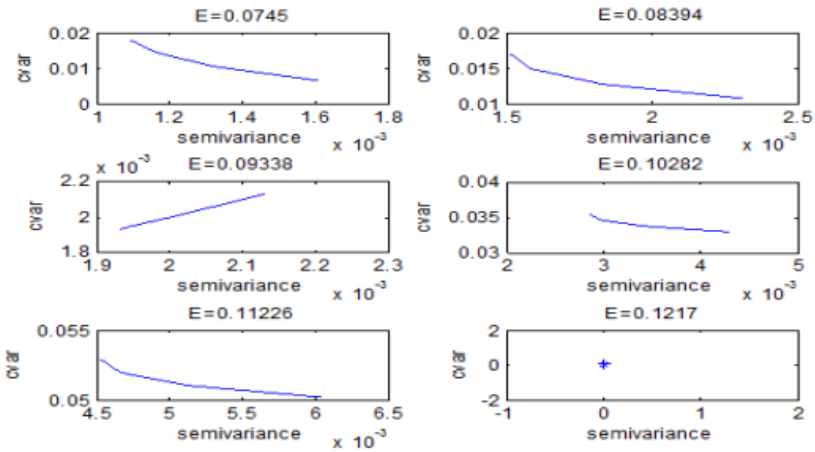
$$\begin{aligned}&\text{Minimize Semivariance}(X)\\&\text{subject to: CVar}(X) \le z\\&E(X) \ge d\\&X \in A\end{aligned}$$

که در این رابطه Cvar همان ارزش در معرض ریسک شرطی است که به عنوان یک سنجه ریسک از تابع هدف به محدیت آورده شده است و E به عنوان سنجه بازده نیز به محدودیت آورده می‌شود که در این حالت d , zبه ترتیب به عنوان بیشترین و کمترین مقدار

محدودیت های ایجاد شده در مدل هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

با مشاهده نتایج مدل‌های انتخاب سبد سهام با سنجه‌های منفرد و ترکیبی درمی‌یابیم که سهام شماره‌های یازده، دوازده، سیزده از اهمیت زیادی برخوردار هستند. در هر سه مدل با افزایش بازده، مقدار ریسک نیز افزایش می‌یابد.که این نشان می‌دهد سرمایه‌گذاران برای کسب بازده بیشتر، ناگزیر به پذیرش ریسک بالاتری هستند. از نظر سرمایه‌گذار مدل چند هدفه ارائه شده بر مدل‌های موجود و متداول برتری دارد، چرا که جواب بهتر و چند بعدی نسبت به سایر روش‌ها به‌دست آمده است. از طرفی، سرعت بیشتر در مدل های ارائه شده نسبت به سایر مدل‌ها با توجه به حجم محاسبات و تعداد سنجه‌های محاسباتی به دلیل استفاده از برنامه‌ریزی خطی و کاهش مسئله‌های قابل حل، از ویژگی مدل‌های ارائه شده است که خود می‌تواند موجب کاهش زمان و هزینه، برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذار شود. در ادامه، با بررسی جداول به‌دست آمده از حل مدل چند هدفه همراه با هزینه معاملاتی، مشاهده می‌شود که تمرکز بر روی یک یا چند سهم خاص برداشته شده و در کل سبد پخش می‌شود. همچنین، با مقایسه شکل‌های حاصل از حل این نوع مدل چند هدفه با مدل‌های ساده می‌توان نتیجه گرفت، شیب بین دو سنجه ریسک در مدل های چند هدفه با هزینه معاملاتی کمتر است. یعنی با تغییر مقدار یک سنجه ریسک، سنجه دیگر تغییر کمتری می‌کند. بنابراین، نوسان ریسک سبد سهام برای سرمایه‌گذار کمتر از گذشته می‌شود.



شکل ۵- مرز کارای مدل

نتیجه گیری

با توجه به نکات ذکر شده، بهترین دلیل ارائه مدل‌های یکپارچه، استفاده از دو سنجه ریسک به‌طور همزمان در جهت به‌دست آوردن نتیجه بهتر برای سرمایه‌گذاران می‌باشد. در ایران علاوه بر این‌که، برخی از سنجه‌های منفرد ریسک استفاده نشده یا کمتر توجه شده است، کاربرد مدل‌های چند هدفه انتخاب سبد سهام مطلوب با محوریت سنجه نیم واریانس در بستر بازار سرمایه بررسی نشده است. مدل‌های چند هدفه نسبت به مدل های سنجه ریسک منفرد، همزمان یک مقدار بازده مورد انتظار و دو مقدار ریسک را مشخص می‌کنند. سرمایه‌گذار می‌تواند با مشاهده جداول ناشی از حل مدل‌ها این مقادیر را به‌صورت چند بعدی در یک جدول مشاهده نماید و سبد سهام مورد درخواست خود را تشکیل دهد. لذا توجه به این مقوله در این تحقیق مدنظر قرار گرفته است و سعی شده است با ارائه یک مطالعه موردی در بازار سرمایه ایران بررسی شود. در آخر، می‌توان این نتیجه را بیان نمود که مدل‌های چند هدفه، یک بسته اطلاعاتی مناسب و جامعی را در اختیار سرمایه‌گذاران و مدیران در جهت مدیریت بهتر ریسک، جهت سرمایه‌گذاری بر روی سبد سهام قرار می‌دهند. با توجه به تجزیه و تحلیل مدل ها و فرآیند حل آنها، پیشنهاد می‌شود، برای کارهای آتی محدودیت‌های واقعی حاکم بر بازار سرمایه

خصوصا در ایران وارد مدل شود تا منجر به نتایج مفیدتری شود. کلیه سهام مورد نظر در تحقیق، با فرض نگهداری به مدت یک زمان مشخص خریداری می‌شود. اما ممکن است در عمل با توجه به تغییر و تحولاتی که در بازار سرمایه رخ می‌دهد، نسبت به تعویض یک یا چند سهم از سوی سرمایه‌گذاران اقدام شود. موضوع های زیر برای پژوهش های آتی مرتبط با این پزوهش پیشنهاد می‌شود: ۱-بهینه سازی سبد سهام با استفاده از دیگر الگوریتم های فراابتکاری و مقایسه‌ی نتایج و کارایی آن با الگوریتم های استفاده شده در این پژوهش؛ ۲-استفاده از الگوریتمهای فراابتکاری شیر مورچه و گرگ خاکستری به منظور بهینه سازی ساختار سرمایه شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران؛ ۳-بررسی قابلیت کاربرد مدلهای مبتنی بر الگوریتمهای فراابتکاری شیر مورچه و گرگ خاکستری در پیش بینی قیمت سهام و طلا؛ ۴-بررسی قابلیت کاربرد مدلهای مبتنی بر الگوریتم های فراابتکاری شیر مورچه و گرگ خاکستری در پیشبینی سود و جریانهای نقدی آتی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران؛ ۵-بررسی قابلیت کاربرد مدلهای مبتنی بر الگوریتمهای فراابتکاری شیر مورچه و گرگ خاکستری در پیشبینی ورشکستگی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران؛ ۶-بررسی قابلیت کاربرد مدلهای مبتنی بر الگوریتمهای فراابتکاری شیر مورچه و گرگ خاکستری در پیش بینی بازده سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران قابلیت کاربرد مدلهای مبتنی بر الگوریتمهای فراابتکاری شیر مورچه و گرگ؛ ۷-بررسی خاکستری برای سرمایه گذاری در سهام شرکتهای خارج از بورس اوراق بهادار و افزایش تعمیم پذیری نتایج حاصل از پژوهش.

منابع:

ابراهیمی، ایلناز و همتی، مریم،۱۳۹۷،نقش و اثرگذاری صندوق های بازنشستگی در ثبات مالی اقتصاد ایران؛لزوم شکل گیری مقام ناظر احتیاطی،بیست و هشتمین همایش سالانه سیاست‌های پولی و ارزی :با موضوع: اصلاحات ساختاری برای ثبات مالی،تهران،

بحری ثالث، جمال؛ پاک مرام، عسگر؛ ولی زاده، مصطفی (۱۳۹۷). انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش میانگین واریانس مارکویتز با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مختلف. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، دوره ۱۱، شماره ۳۷، صص ۴۳-۵۳.

بهزادپور، سمیرا و رحمانی، علی،۱۳۹۸،ارزیابی سودمندی اطلاعات ارائه شده در صورت های مالی صندوق های بازنشستگی

بیات علی؛ اسدی، لیدا. (۱۳۹۶). بهینه سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۸، شماره ۳۲، صص ۶۳-۸۵.

پاک مرام، عسگر؛ بحری ثالث، جمال؛ ولی زاده، مصطفی (۱۳۹۶). انتخاب و بهینه سازي سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیك، با بهره گیري از مدل میانگین-نیمه واریانس مارکویتز. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۸، شماره ۳۱، صص ۱۹-۴۲.

رضوی، سیدمهدی و بزرگ اصل، موسی و امیری، میثم و ابراهیمی سروعلیا، محمدحسن و خاشعی ورنامخواستی، وحید، ۱۴۰۰،تخصیص دارایی صندوق های بازنشستگی با استفاده از رویکرد ترکیبی برنامه ریزی سناریو مبنا و روش بهترین-بدترین

شمس قارنه، ناصر؛ شهلایی، شهاب الدین (۱۳۹۸). بهینه‌سازی تنوع سهم‌های موجود در سبد صندوقهای سرمایه‌گذاری بخشی. فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، سال ۳، شماره ۲، صص ۱-۱۴.

Cauwet, M.L., Liu, J., Roziè re, B., Teytaud, O. Algorithm portfolios for noisy optimization. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, February 2016, Volume 76, Issue 1, pp 143-172.

Cui, X., Gao, J., Shi, Y., Zhu, SH. (2019). Time-consistent and self-coordination strategies for multi-period mean-Conditional Value-at-Risk portfolio selection . European Journal of Operational Research 276 (2019) 781-789 .

Ding, D., C.Sickles, R. (2018). Frontier efficiency, capital structure, and portfolio risk: An empirical analysis of U.S. banks. BRQ Business Research Quarterly, Volume 21, Issue 4, October-December 2018, Pages 262-277.

Doering, J, Kizys, R, Juan, AA, Fitó, À & Polat, O 2019, 'Metaheuristics for rich portfolio optimisation and risk management: current state and future trends', Operations Research Perspectives, vol. 6, 100121. https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100121

Fitzpatrick, Brian D. Church, Joshua. Hasse, Christopher H. (2012). Specialty Funds vs. General Mutual Funds and Socially Responsible Investment (SRI) Funds: An Intriguing Risk / Return Paradigm. Journal of Applied Business and Economics

Hu, Jin-Li. Chang, Tzu-Pu. Chou, Ray Yeutien. (2014). Market Conditions and the Effect of Diversification on Mutual Fund Performance: Should Funds Be More Concentrative Under Crisis? Journal of Productivity Analysis. 41. Issue 1. 141-151.

Huang, CH-Y., Chiou, CH-CH., Wu, T-H., Yang, SH-CH (2015), An integrated DEA-MODM methodology for portfolio optimization, Operational Research, Volume 15, Issue 1, pp 115-136.

Huang, J.-J. And So, L.-C. (2018) Application of Copula-GARCH to Estimate VaR of a Portfolio with Credit Default Swaps. Journal of M a thematical Finance, 8, 382-407.

Larsen, Glen A. Jr Bruce G Resnick. (2012). An Optimization Strategy for Enhancing the Performance of Fund-ofFunds Portfolios. Journal of Portfolio Management. 38. 2. 147-154

Lee, Yongjae & Kim, Woo Chang & Kim, Jang. (2020). Achieving Portfolio Diversification for Individuals with Low Financial Sustainability. Sustainability. 12. 7073. 10.3390/su12177073.

LiesiÖ, Juuso & Xu, Peng & Kuosmanen, Timo. (2020). Portfolio Diversification based on Stochastic Dominance under Incomplete Probability Information. European Journal of Operational Research. 286. 10.1016/j.ejor.2020.03.042.

Petropoulos, Anastasios & Chatzis, Sotirios & Siakoulis, Vasilis & Vlachogiannakis, Nikos. (2017). A Stacked Generalization System for Automated FOREX Portfolio Trading. Expert Systems with Applications. 90. 10.1016/j.eswa.2017.08.011.

Ta, & Liu, & Tadesse,. (2020). Portfolio Optimization-Based Stock Prediction Using Long-Short Term Memory Network in Quantitative Trading. Applied Sciences. 10. 437. 10.3390/app10020437.

Talat A. Rauf, A. (2009). Performance Evaluation of Pakistani Mutual Funds. Pakistan Economic and Social Review. 47. 199-214.

Yaman, I. and Dalk l ç, T.E., 2021. A hybrid approach to cardinality constraint portfolio selection problem based on nonlinear neural network and genetic algorithm. Expert Systems with Applications, 169, p.114517.

Zhai, Q. & Ye, T. & Huang, M. & Feng, S. & Li, H.. (2020). Whale Optimization Algorithm for Multiconstraint Second-Order Stochastic Dominance Portfolio Optimization. Computational Intelligence and Neuroscience. 2020. 1-19. 10.1155/2020/8834162.

Zoia, M. G., Biffi, P., & Nicolussi, F. (2018). Value at Risk and Expected Shortfall based on Gram-Charlier-like expansions. Journal of Banking & Finance, 93, 92-104.