

بهینه سازی سبد سهام سرمایه گذاری با بکارگیری الگوریتم های فراابتکاری علف هرز مهاجم و فاخته

نوید محمودزاده ملکی^۱

حیدر محمدزاده سالطه^۲

سلیمان ایران زاده^۳

(تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۵/۲۰ - تاریخ تصویب ۱۴۰۴/۷/۱۶)

نوع مقاله: علمی پژوهشی

چکیده:

بهینه سازی سبد سهام یکی از چالش های کلیدی در مدیریت سرمایه گذاری است که هدف آن حداکثر کردن بازده و کاهش ریسک است. الگوریتم علف هرز مهاجم، با الهام از رفتار علف های هرز در طبیعت، به جستجوی بهینه تری برای انتخاب سهام می پردازد و توانایی بالایی در فرار از بهینه های محلی دارد. از سوی دیگر، الگوریتم فاخته، که بر اساس رفتار پرندگان فاخته در تخم گذاری در لانه های دیگر پرندگان طراحی شده است، به خوبی می تواند تنوع و ریسک سبد سهام را مدیریت کند.

^۱ - دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی گرایش مالی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

^۲ - گروه حسابداری، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران. (نویسنده مسئول) iaut.ir @ ۲۷۵۲۳۲۳۸۸۳

^۳ - گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

از آنجا که تصمیم گیری در خصوص انواع سرمایه گذاری ها و انتخاب مناسب ترین شیوه سرمایه گذاری از جمله اساسی ترین مباحث مدیریت مالی است، بنابراین تحقیق حاضر به دنبال بهینه سازی سبد سرمایه گذاری سهام با رویکرد حداقل سازی ریسک بر اساس تئوری پورتفوی بهینه سازی بهینه سازی فراابتکاری می باشد، جامعه آماری تحقیق حاضر، سبد سهام سرمایه گذاری قابل معامله در بورس اوراق بهادار تهران هستند. برای تعیین حجم نمونه از روش غربالگری سیستمی استفاده شد. اولین گام تعریف دقیق مساله و شناسایی پارامترها و متغیرهای تصمیم بوده تا بتواند انطباق بیشتری با مسائل واقعی داشته باشد. پس از اعتبار سنجی مدل و با عنایت به اینکه نتیجه نهایی مطلوب تحقیق، بهینه سازی سبد سرمایه گذاری سهام با رویکرد حداقل سازی ریسک و حداکثرسازی بازده سهام می باشد، سعی گردید راهکارهایی مناسبی جهت حل مدل ریاضی مساله ارائه گردد. با توجه به چند هدفه بودن مدل مورد بررسی، یک جواب غالب وجود نداشته، که با بکارگیری الگوریتم های موثرتر و کارآمدتر فراابتکاری علف هرز مهاجم و فاخته، که از جدیدترین و کاراترین الگوریتم های بهینه سازی فراابتکاری برای محاسبه وزن بهینه سبدها محسوب می شود به بررسی نتایج پرداختیم. به منظور تحلیل داده ها پس از تعریف مساله، با استفاده از مدل سازی ریاضی نسبت به تدوین مدل ریاضی پرداخته شده است. سپس به منظور بهینه سازی مدل از روش های حل دقیق و از روش های بهینه سازی فرا ابتکاری علف هرز مهاجم و الگوریتم فاخته با استفاده از نرم افزار تحلیلی Matlab استفاده گردیده است. مدلسازی تحقیق براساس بهینه سازی سهام با اهداف بازده - ریسک و روش های بهینه سازی فراابتکاری علف هرز مهاجم و الگوریتم فاخته ارائه شد.

واژه های کلیدی: بهینه سازی، سبد سهام، سرمایه گذاری، الگوریتم های فراابتکار.

۱. مقدمه

جهان در قرن بیست و یکم، جهانی آکنده از رقابت، توسعه ی بازارها، ظهور و رواج فن آوری های برتر و گسترش تجارت است. بنابراین شرط توفیق در این عرصه، بهره گیری از فرصت ها و رویارویی با چالش های پیش رو است. این موارد ایجاب می کند که فرآیند توسعه ی

اقتصادی- اجتماعی با رویکردی راهبردی نسبت به تشخیص شرایط جدید بین‌المللی و با شناخت دگرگونی‌ها در ترکیب و روند مناسبات سیاسی- اقتصادی جهانی، و منطقه‌ای و هم‌چنین با نگرش به مهم‌ترین مسایل و تنگناهای اقتصاد ملی، مسیر انجام تحولات رشد پایدار و با ثبات اقتصاد کشور را هموار سازد. در این میان بازار سرمایه (بورس اوراق بهادار) وظایف سنگین و حساسی دارد. امروزه بورس یک کشور به عنوان شاخصی است که وجود هر گونه تغییر اقتصادی در سطح کشور در آن قابل مشاهده بوده، فلذا می‌توان از طریق تغییرات آن شرایط اقتصادی کشور را تبیین و تشریح نمود. تا جایی که در کنار بانک مرکزی، بورس هر کشور نماد اقتدار و توانمندی‌های اقتصادی آن کشور است. بورس، در اصطلاح علم اقتصاد، مکانی است که کار قیمت‌گذاری و خرید و فروش کالا و اوراق بهادار در آن انجام می‌گیرد و به دو نوع بورس کالا و اوراق بهادار تقسیم می‌شود (پاکدین ۱۳۸۷). بورس اوراق بهادار، یک بازار متشکل سرمایه است که در آن سهام شرکت‌های خصوصی و دولتی طبق قانون خاص خرید و فروش می‌شود و از سویی محلی برای جمع‌آوری و پس‌انداز و نقدینگی بخش خصوصی به منظور انجام پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت است و مرجعی است برای مردم تا وجوه مازاد خود را برای سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها بکار انداخته و از سود آن برخوردار شوند. یکی از مباحث مهمی که در بورس مطرح است و باید مورد توجه سرمایه‌گذاران اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی قرارگیرد، بحث انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بهینه می‌باشد. در این رابطه، بررسی و مطالعه سرمایه‌گذاران در جهت انتخاب بهترین سبد سرمایه‌گذاری با توجه به میزان ریسک و بازده آن انجام می‌شود. رویکرد سنتی سرمایه‌گذاری اینست که سرمایه‌گذاران بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشند. به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاران به بازدهی بعنوان یک عامل مطلوب می‌نگرند و به واریانس بازده ها (ریسک) به عنوان یک عنصر نامطلوب نظر دارند (تهرانی ۱۳۸۸).

ریسک سیستماتیک در دانش مالی و اقتصادی، ریسکی است، که در اثر عوامل کلی بازار به وجود می‌آید، که به‌طور همزمان بر قیمت کل اوراق بهادار موجود در بازار مالی تأثیر دارد. عواملی که موجب ایجاد این نوع ریسک می‌شوند، شامل تحولات اقتصادی، سیاسی و اجتماعی مانند تغییر نرخ ارز، چرخه‌های تجاری، سیاست‌های پولی و مالی دولت است. ریسک سیستماتیک یا غیرقابل اجتناب خاص یک یا چند شرکت نبوده، بلکه به کل بازار مربوط می‌شود

و از جمله عوامل مؤثر بر آن می‌توان سیاست‌های کلان دولت، تغییرات نرخ ارز، تورم، چرخه‌های تجاری و غیره را نام برد. بدلیل آنکه اینگونه ریسک در ارتباط با وضعیت کلی بازار و نوسانات آن می‌باشند و در سبدي از اوراق بهادار که به نحوی مناسب، تنوع یافته باشد، قابل کاهش نمی‌باشند، به آن ریسک کاهش‌ناپذیر یا غیرقابل اجتناب نیز گفته می‌شود. اما ریسکی که مربوط به یک صنعت خاص و یا یک سهم خاص است، ریسک غیر سیستماتیک گویند که به شرایط مقتضی آن صنعت و حتی تصمیمات مدیران شرکتی که مالک سهام آن هستیم معطوف است. از دیدگاه صاحبان سهام، ریسک سیستماتیک مجموعه سهام مهم است و این بدان مفهوم است، که قضاوت درباره تک تک سهام، نه براساس انحراف معیار بازده آن، بلکه بر مبنای ریسک سیستماتیک آن، صورت می‌گیرد.

همانطور که بیان شد یکی از مهم ترین مباحث در حوزه مطالعات مالی، بهینه سازی سبد دارایی یا سبد سهام است. سرمایه گذاران ریسک گریز مایلند با تحمل حداقل ریسک به بیشترین بازده دسد پیدا کنند. از سویی دیگر سرمایه گذاران ریسک پذیر تلاش می‌کنند با افزایش میزان ریسک خود، سود بیشتری بدست آورند. با توجه به نظریه نوین پرتفوی دارایی، سرمایه گذاران می‌توانند از طریس متنوع سازی سرمایه گذاری در دارایی هایی که همبستگی کمتری با یکدیگر دارند، ریسک کمتری را تحمل کنند (طالب‌لو و داودی، ۱۳۹۷). بر اساس نظریه پرتفوی مدرن، می‌توان با تشکیل یک پرتفوی بهینه، حداکثر بازدهی مورد انتظار را در مقابل میزان مشخصی از ریسک، تجربه کرد. در واقع این تئوری بیان می‌کند در صورتی که دارایی‌های شما با یکدیگر همبستگی نداشته باشند، می‌توان کارآمدترین پرتفوی ممکن را داشت. علت این است که کاهش ارزش یک دارایی، با کاهش ارزش سایرین همراه نخواهد بود (قدردان و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین تشکیل سبد بهینه سهام باعث کاهش ریسک و افزایش سودآوری سرمایه گذاران می‌شود و این در حالی است که شیوه سنتی سرمایه گذاری دارای ریسک بیشتر است و احتمال موفقیت کمتری دارد. بنابراین برای حرکت از وضعیت موجود و تحمل ریسک زیاد در قبال سودآوری نامطمئن بهتر است از شیوه‌های نوین بهره گرفت که با بهینه سازی سبد سهام هم ریسک کمتری به سرمایه گذاران تحمیل می‌کند و هم احتمال بالایی برای دستیابی به سود بیشتری به همراه خواهد داشت. گفتنی است که مطالعات انجام شده در حوزه رفتار مالی، نشان

می‌دهد که برخلاف نظریه‌های سنتی، شخص سرمایه‌گذار ممکن است تصمیم‌هایی اتخاذ کند که از لحاظ اقتصادی توجیهی نداشته باشد. بر اساس نظریه‌های مالی، سرمایه‌گذار اولویت‌هایی دارد که باعث می‌شود ریسک گریز نباشد، بلکه زیان گریز باشد و بنابراین حاضر به تحمل ریسک بالا باشد. همچنین فرد ممکن است تحت تاثیر اجتماع یا افراد، در تضاد با نظریه‌های سنتی تصمیم‌هایی اتخاذ کند (فروملت، ۲۰۰۱). به هر حال ریسک سرمایه‌گذاری یکی از مهمترین مسائلی است که سرمایه‌گذار با آن مواجه است. نتایج بسیاری از مطالعات سنتی انجام گرفته، نشان دهنده وجود رابطه مثبت بین ریسک و بازدهی است (جلیلیان، ۱۳۸۸). از این رو یکی از چالش‌های موجود در تشکیل سبد دارایی‌ها، تعیین نسبت یا وزن بهینه‌ای از دارایی‌های موجود در سبد سرمایه‌گذاری برای کاهش ریسک است. در بهینه‌سازی پورتفولیو، مسئله اصلی انتخاب بهینه دارایی‌ها و اوراق بهاداری است که با مقدار مشخص سرمایه می‌توان تهیه کرد. اگرچه کمینه کردن ریسک و بیشینه کردن بازده سرمایه‌گذاری به نظر ساده می‌رسد، اما در عمل روش‌های متعددی برای تشکیل پورتفولیوی بهینه بکار رفته است. با قبول نظریه سنتی سرمایه‌گذاری و فرض اساسی ریسک گریزی سرمایه‌گذاران، چالش تشکیل سبد بهینه سهام را می‌توان حل کرد. مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ با اشاره به این نکته که با تشکیل یک سبد در سطح معینی از ریسک، می‌توان بازدهی بیشتری بدست آورد یا برعکس در سطح معینی از بازدهی، ریسک کمتری را متحمل شد، چالش گفته شده را حل کرد. مارکوویتز نظریه مدرن پورتفولیو را بصورت فرمول ریاضی بیان کرد. وی برای بدست آوردن وزن بهینه سرمایه‌گذاری‌های موجود در سبد (که شرط حداکثر بازدهی در سطح مشخصی از ریسک و یا حداقل ریسک در سطح مشخص و معینی از بازدهی برای سبد سرمایه‌گذاری مورد نظر شخص سرمایه‌گذار برآورده می‌سازد) مسئله بهینه‌سازی مقیدی را طراحی و حل کرد که بوسیله آن می‌توان بردار وزن بهینه سرمایه‌گذاری‌های موجود در سبد را بدست آورد. در مدل مارکوویتز همان اصطلاح بهینه‌سازی پرتفوی استاندارد مدنظر قرار می‌گیرد. طی مسئله بهینه‌سازی پرتفوی با برخی محدودیت‌های واقع بینانه نیز روبرو می‌باشیم؛ همچون اندازه سهام، تعداد سهام، هزینه معامله، اندازه پرتفوی. با این حال این مدل براساس فرضیاتی بنا نهاده شده است که در عمل به ندرت برقرار است. وقتی که محدودیت‌های حقیقی مزبور به بهینه‌سازی پرتفوی افزوده شود، مسئله به سرعت تبدیل به مجموعه‌ای بسیار پیچیده خواهد شد که نتیجتاً با مسئله بهینه‌سازی پرتفوی گسترده روبرو

خواهیم بود و اینجا دیگر راه حل مارکویتز و روش های قراردادی مثل برنامه نویسی چهارگانه قابل اعمال نخواهند بود. در چنین شرایطی معمولاً از روش های بهینه سازی فراابتکاری برای تعامل با مسئله بهینه سازی پرتفوی گسترده استفاده می شود. مطالعات مختلفی در این زمینه در خارج و داخل کشور انجام شده که به چند مورد آن اشاره می کنیم:

- المهدی و یانگ^۱ (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان "یک سیستم معاملاتی انعطاف پذیر: بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با هدف ریسک و بازده با استفاده از الگوی یادگیری بمنظور حداکثر سازی سود" پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان می دهد که استفاده از سیستم تصدیق بازده متعادل مبتنی بر ریسک با هزینه معامله و مکانیزم بازآموزی منجر به توقف ضرر در بازار می شود و عبارتی سیستم معاملاتی پیشنهادی به اثرات هزینه معامله واکنش نشان می دهد و معیارهای صندوق های بازدهی را به طور پیوسته بهتر می کند.

- کومار میشر و همکاران^۲ (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان "پیش بینی مدل میانگین-واریانس برای انتخاب دارایی های پرتفوی اجباری" با استفاده از ارزیابی چند هدفه به نتایج زیر دست یافته اند: در این پژوهش محور پیش بینی کننده، مدل میانگین-واریانس فرض شده است که راه کار دیگری برای مدل میانگین-واریانس مارکویتز متداول می باشد که برای حل مشکل بهینه سازی پرتفوی اجباری به کار برده می شود. در مدل مطرح شده، در ابتدا پیش بینی بازدهی های سرمایه در آینده با استفاده از مدل شبکه عصب مصنوعی، پیش بینی می شوند و سپس عمل بهینه سازی به واسطه استفاده از الگوریتم های ارزیابی چند هدفه انجام می شود. نتایج تحقیق نشان می دهد که رویکرد راه حل های پارتو، حفظ تنوع کافی و هم چنین مقایسه کامل با مدل مارکویتز را در بر می گیرد.

- توروبیانو و سوارز^۳ (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان "الگوریتم یادآور برای بهینه سازی سرمایه

^۱ - Almahdi & Yang, ۲۰۱۷

^۲ - "Kumar Mishra et al. ۲۰۱۶"

^۳ - Torubiano & Suarez ۲۰۱۵

اجباری اصولی با هزینه های تبدلی" به نتایج زیر دست یافته اند: رویکرد یادآور، ترکیبی از الگوریتم توارش و برنامه ریزی است که برای بررسی مشکل انتخاب سرمایه بهینه با هزینه های تبدلی خطی ناگزیر استفاده می شود. در این روش علاوه بر مشخص شدن دارایی هایی شامل سرمایه، عملیات تجاری اجرا شده را در زمان تعادل سازی سرمایه نیز دربرمی گیرد.

- فرناندز و همکاران^۱ (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان "کاربرد الگوریتم های ژنتیک چند هدفه برای انتخاب پرتفوی پروژه عمومی" به نتایج زیر دست یافته اند: با توجه به افزایش محتمل پرتفوی ها به طور سریع، رابطه ترجیحی عدم تقارن در تصمیم گیرنده باید برای اجرای بررسی زمان پرتفوی و سرمایه قابل محاسبه باشد. پیچیدگی زیاد در شرایط واقعی نیازمند الگوریتم های ارزیابی است اما در ارائه اهداف، الگوریتم های ارزیابی ناکارآمد هستند که برای غلبه بر این مشکل از الگوریتم ژنتیک چند هدفه گسترده استفاده شده است. در این شرایط تصمیم گیرنده، این گونه فرض می شود که وی قادر به ارزیابی پارامترها برای ساختار بندی رابطه مافوق است. از سوی دیگر، در این پژوهش روشی فرض شده است که در آن، هر کدام از گروه ناهمگن، بهترین پرتفوی خود را به دست می آورند و سپس این راه حل های فردی در یک گروه با بهترین پرتفوی قابل قبول تجمع می شوند که در آن اندازه رضایت گروه و یا ناخرسندی را حداکثر می کند.

- یزدانی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «انتخاب بهینه سبد سهام با استفاده از الگوریتم ترکیبی فرا ابتکاری» انجام دادند. در پژوهش مذکور، از الگوریتم شبکههای عصبی و برنامه نویسی شبکه ژنتیک، برای تشخیص ویژگی های موثر و از درخت تصمیم ID^۳ بهبود یافته به عنوان روش پیشنهادی جهت پیشبینی قیمت و روند تغییر قیمت سهام برای انتخاب سبد بهینه استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد، روش پیشنهادی علاوه بر کاهش سربار محاسباتی و حافظه ای، قادر است تا با دقت بالایی به پیشبینی نوسانات شدید با الگوهای غیرخطی پرداخته و نسبت به روش های روز دنیا چون جستجوی نزدیک ترین همسایگی، رگرسیون خطی، میانگین متحرک خود همبسته و الگوریتم پیش بینی سری زمانی، بهتر عمل نماید.

^۱-Fernandez, A., Gomez, S., & Luna, F. (۲۰۱۳).

- تهرانی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی سبد سهام به کمک الگوریتم فراابتکاری دسته‌های میگو با استفاده از معیارهای مختلف از ریسک در بورس اوراق بهادار تهران» انجام دادند. در پژوهش مذکور تلاش شده است به کمک الگوریتم جدید دسته‌های میگو، مسئله بهینه‌سازی سبد سهام حل شده و مرز کارا محاسبه شود. همچنین ریسک با سه معیار واریانس، نیم‌واریانس و ریزش مورد انتظار بررسی شده است. داده‌های این پژوهش، بازده‌های تعدیل شده سهام ۵۰ شرکت فعال‌تر بورس از تاریخ ۱۳۹۱/۰۷/۰۱ تا ۱۳۹۶/۰۶/۳۱ است. یافته‌ها نشان می‌دهد در ابتدا مرزهای کارای پرتفوی بهینه بر اساس معیارهای ریسک واریانس، نیم‌واریانس و ریزش مورد انتظار رسم شده است. شباهت تقریبی سه مرز کارا، نشان از ثبات الگوریتم در یافتن آن دارد. سپس نسبت‌های شارپ به دست آمده از روش دسته‌های میگو با روش‌های رقابت استعماری و تجمعی ذرات مقایسه شده و مشاهده می‌شود که نسبت به آن‌ها ارجحیت دارد.

- قدردان و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان «بررسی کارایی انتخاب پرتفوی بهینه بر اساس مدل چولگی در محیط فازی» انجام دادند. در پژوهش مذکور عملکرد بهینه سازی کلاسیک پرتفوی (مدل میانگین واریانس مارکویتز) در صورت استفاده از مدل مبتنی بر چولگی در محیط فازی به عنوان تابع هدف بررسی شده است. در این پژوهش به بررسی ۱۹۵ پرتفوی ماهانه در یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۵) درمورد شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته شده است و ریسک و بازدهی هر پرتفوی براساس دو مدل بهینه سازی چولگی در محیط فازی و کلاسیک تخمین زده شد. در مرحله بعد با استفاده از آزمون میانگین تفاوت، به بررسی وجود تفاوت معناداری بین ریسک و بازده پیش بینی شده در دو مدل پرداخته شد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که، ریسک و بازده پیش بینی شده در مدل چولگی با ریسک و بازده پیش بینی شده در مدل کلاسیک تفاوت معناداری دارد.

- موشخیان و نجفی (۱۳۹۵) در مطالعه ای با عنوان "بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم چند هدفه توده ذرات برای مدل احتمالی چند دوره ای میانگین - نیم واریانس - چولگی" ابتدا مدلی به صورت مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره ای احتمالی میانگین - نیم واریانس - چولگی با در نظر گرفتن هزینه معاملات ارائه کردند. پس از مدل‌سازی مسئله

با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات چند هدفه و تک هدفه اقدام به حل مدل ارائه شده کرده اند. در تحقیق مذکور برای بررسی قابلیت حل این مسائل به کمک این الگوریتم، از داده های بازده ماهیانه ۴ شرکت در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی دی ماه ۱۳۸۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۲ استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که استفاده از الگوریتم چند هدفه بهینه سازی توده ذرات نتایج بهتری را نسبت به حالت تک هدفه ایجاد می کند.

۲. سوالات پژوهش:

- مدل ریاضی بهینه سازی سبد سهام با اهداف بازده، ریسک به چه صورت است؟
- سبد بهینه با اهداف بازده، ریسک با الگوریتم های فراابتکاری علف هرز مهاجم و فاخته در شرکت های پذیرفته شده در بورس به چه صورت است؟
- آیا سبد تشکیل شده با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی فراابتکاری علف هرز مهاجم و فاخته می تواند بازار را برای دستیابی به حداکثر سود هدایت کند؟
- اوزان سهام سبد تشکیل شده با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی فراابتکاری علف هرز مهاجم و فاخته به چه صورت است؟

۳. روش شناسی تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف، پژوهشی کاربردی است و از نظر روش، از نوع همبستگی و نحوه ی گردآوری داده ها، این پژوهش توصیفی- تحلیلی است و از مطالعات کتابخانه ای جهت جمع آوری اطلاعات استفاده شده است. پژوهش های توصیفی به بررسی شرایط موجود جهت شناخت بیشتر به منظور کمک به فرآیند تصمیم گیری مورد استفاده قرار می گیرند.

جامعه آماری تحقیق حاضر، سبد سهام سرمایه گذاری قابل معامله در بورس اوراق بهادار تهران هستند. برای تعیین حجم نمونه از روش غربالگری سیستمی استفاده شد.

برای گردآوری اطلاعات مربوط به مبانی نظری، از تحقیقات کتابخانه ای و پایگاه های پیام رسانی استفاده می شود. داده های مورد استفاده در این تحقیق با مراجعه به آرشیو تغییرات قیمتی سهام بورس اوراق بهادار تهران و از طریق وب سایت شرکت مدیریت فناوری بورس با آدرس اینترنتی: www.tsetmc.com به دست می آید.

در رابطه با روش تجزیه و تحلیل داده های سری زمانی، روش های آماری و اقتصاد سنجی سری زمانی متناسب با هدف تحقیق و با استفاده از نرم افزار MATLAB می باشد. به منظور تحلیل داده ها پس از تعریف مساله، با استفاده از مدل سازی ریاضی نسبت به تدوین مدل ریاضی پرداخته شده است. سپس به منظور بهینه سازی مدل از روش های حل دقیق و از روش های بهینه سازی فرا ابتکاری علف هرز مهاجم و الگوریتم فاخته با استفاده از نرم افزار تحلیلی Matlab استفاده گردیده است. مدلسازی تحقیق براساس بهینه سازی سهام با اهداف بازده - ریسک و روش های بهینه سازی فراابتکاری علف هرز مهاجم و الگوریتم فاخته بشکل زیر ارائه می شود:

تعریف پارامترها:

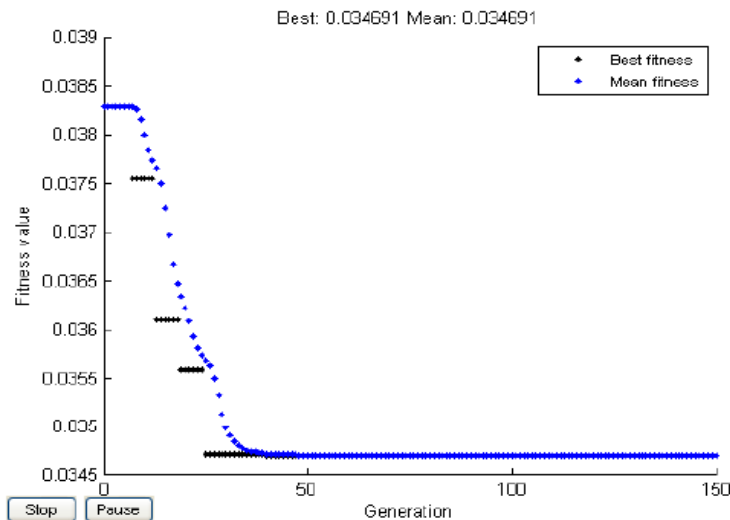
- μ_i : میانگین بازده هر واحد سهم i ام
- σ_i : انحراف معیار بازده سهم i ام
- σ_{ij} : کواریانس سهم i م و سهم j ام
- β_i : ریسک سیستماتیک سهم i ام
- n : تعداد کل سهام ها
- K : تعداد سهم انتخابی
- u_i : حداکثر سرمایه گذاری در سهم i ام
- l_i : حداقل سرمایه گذاری در سهم i ام

۴. نتایج و تجزیه و تحلیل یافته ها

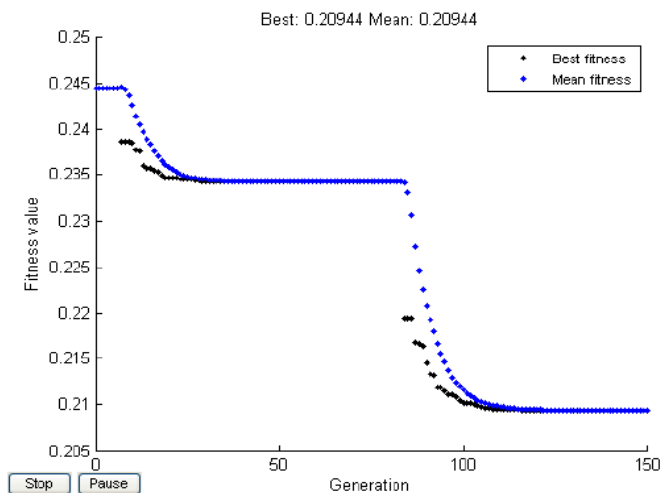
- سبدهای حاصل از الگوریتم های ابتکاری و رتبه بندی درون گروهی
- الگوریتم ترکیبی علف هرز مهاجم-فاخته: سبدهای منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیاب برای رسیدن به پاسخ بهینه:

الگوریتم ها باید مجهز به پارامترهای قابل تنظیم باشند تا کاربر بتواند با تغییر آن پارامترها تعادل مطلوب بین جواب بدست آمده و میزان محاسبات را برقرار نماید. همچنین تغییر در این پارامترهاست که دستیابی به پاسخ های بهینه تر را ممکن می سازد. این پارامترها برای همهی مسائل ثابت نمی باشند و باید پارامترها سازگار با هر مسئله را برای الگوریتم ها یافت.

شکل های ۱ و ۲ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه ی بهینه را توسط الگوریتم ترکیبی و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می دهند. در این نمودارها، دو مقدار متوسط لحظه ای تابع و بهترین مقدار لحظه ای تابع ارزیابی، ترسیم و از یکدیگر مجزا شده اند. شکل ۱ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی ماهانه، و شکل ۲ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی سالانه است. جداول ۱ و ۲ نیز به ترتیب پورتفوی منتخب الگوریتم ترکیبی ماهانه و سالانه را نشان می دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهمی که باید در پورتفوی انتخاب شوند و ثانياً مقدار هر سهم در پورتفوی می باشند.



شکل ۱: روند همگرایی الگوریتم ترکیبی، ماهانه



شکل ۲: روند همگرایی الگوریتم ترکیبی سالانه

جدول ۱ سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم ترکیبی علف هرز مهاجم-فاخته،
براساس اطلاعات بازده ماهانه

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	۶/۲۶	۱۸. سر. پتروشیمی	۱/۴	۳۵. فرآوردههای نسوز آذر	۱/۴
۲. ایران خودرو دیزل	۱/۴۱	۱۹. سر. توسعه صنعتی	۱/۴	۳۶. کالسیمین	۱/۴۱
۳. بانک اقتصاد نوین	۱/۴۹	۲۰. سر. رنا	۴/۵۱	۳۷. کرین ایران	۱/۴
۴. پارس دارو	۴/۶۱	۲۱. سر. صنعت بیمه	۱/۵۲	۳۸. کف	۱/۵۱

۱/۴	۳۹. گازلوله	۱/۴۶	۲۲. سر. صنعت و معدن	۱/۴	۵. پتروشیمی آبادان
۱/۵۱	۴۰. گروه بهمن	۱/۴	۲۳. سر. غدیر	۲/۷۵	۶. پتروشیمی خارک
۴/۶۳	۴۱. گروه صنعتی سدید	۱/۴۶	۲۴. سر. گروه بهشهر	۱/۵	۷. پتروشیمی فارابی
۱/۴۱	۴۲. لوله و ماشین‌سازی	۱/۵	۲۵. سر. مسکن	۴/۶	۸. تجهیز نیروی زنگان
۱/۸۵	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	۱/۴	۲۶. سر. معادن و فلزات	۳/۸۶	۹. تراکتورسازی
۱/۵۲	۴۴. محروسازان	۱/۴	۲۷. سر. ملی	۱/۵	۱۰. چادرملو
۱/۴	۴۵. معادن روی ایران	۱/۵۱	۲۸. سر. نفت	۱/۵۲	۱۱. دارو جابران‌حیان
۱/۴	۴۶. معادن منگنز ایران	۱/۴۱	۲۹. سیمان تهران	۱/۵۲	۱۲. زامیاد
۱/۴۳	۴۷. مهرکام پارس	۱/۴۸	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۱/۵۱	۱۳. سایپا
۱/۵۲	۴۸. موتوژن	۱/۵۱	۳۱. شهد ایران	۱/۴۱	۱۴. سایپا دیزل
۴/۵۵	۴۹. نفت بهران	۴/۵	۳۲. صنعتی بهشهر	۱/۴	۱۵. سر. بازنشستگی
۱/۴	۵۰. نفت پارس	۱/۴	۳۳. صنعتی دریایی	۱/۴	۱۶. سر. بوعلی
		۱/۴۱	۳۴. فارسیت درود	۱/۴۵	۱۷. سر. پارس توشه

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۲. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتنوی الگوریتم ترکیبی علف هرز مهاجم-فاخته،
براساس اطلاعات بازده سالانه

نام و ردیف شرکت	پورتنوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتنوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتنوی منتخب
۱. ایران خودرو	۰/۵	۱۸. سر. پتروشیمی	۱/۹۳	۳۵. فرآورده‌های نسوز آذر	۱/۹
۲. ایران خودرو دیزل	۱/۸۸	۱۹. سر. توسعه صنعتی	۱/۹۴	۳۶. کالسیمین	۲/۰۲
۳. بانک اقتصاد نوین	۱/۹۲	۲۰. سر. رنا	۱/۹	۳۷. کربن ایران	۱/۹۵
۴. پارس دارو	۱/۹۵	۲۱. سر. صنعت بیمه	۱/۹	۳۸. کف	۱/۹۵
۵. پتروشیمی آبادان	۱/۹۲	۲۲. سر. صنعت و معدن	۱/۸۸	۳۹. گازلوله	۱/۹
۶. پتروشیمی خارک	۱/۹۲	۲۳. سر. غدیر	۱/۸۹	۴۰. گروه بهمن	۱/۸۵
۷. پتروشیمی فارابی	۱/۹۳	۲۴. سر. گروه بهشهر	۲/۰۲	۴۱. گروه صنعتی سدید	۱/۸۵
۸. تجهیز نیروی زنگان	۲/۱۲	۲۵. سر. مسکن	۱/۹	۴۲. لوله و ماشین سازی	۲/۱۱
۹. تراکتورسازی	۱/۸۹	۲۶. سر. معادن و فلزات	۱/۸۶	۴۳. ماشین سازی نیرو محرکه	۱/۹۲
۱۰. چادرملو	۱/۹۴	۲۷. سر. ملی	۱/۹	۴۴. محورسازان	۲/۲
۱۱. دارو	۱/۹۵	۲۸. سر. نفت	۱/۹	۴۵. معادن روی	۱/۹۴

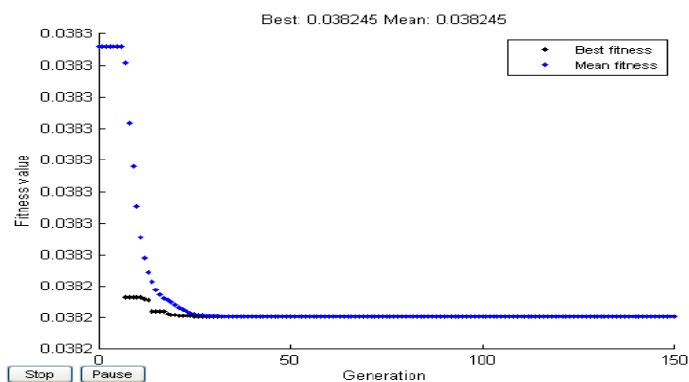
	ایران				جابر ابن حیان
۱/۹۷	۴۶. معادن مگنر ایران	۱/۸۹	۲۹. سیمان تهران	۱/۸۹	۱۲. زامیاد
۱/۹۸	۴۷. مهر کام پارس	۱/۸۹	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۱/۸۵	۱۳. ساییا
۱/۹۱	۴۸. مورتوزن	۱/۸۶	۳۱. شهد ایران	۱/۸۸	۱۴. ساییا دیزل
۴/۷۵	۴۹. نفت بهران	۱/۴۹	۳۲. صنعتی بهشهر	۱/۸۵	۱۵. سر. بازنشستگی
۱/۹۲	۵۰. نفت پارس	۱/۸۵	۳۳. صنعتی دریایی	۱/۸۹	۱۶. سر. بوعلی
		۴/۵۸	۳۴. فارسیت دروود	۲/۰۲	۱۷. سر. پارس توشه

منبع: نتایج تحقیق

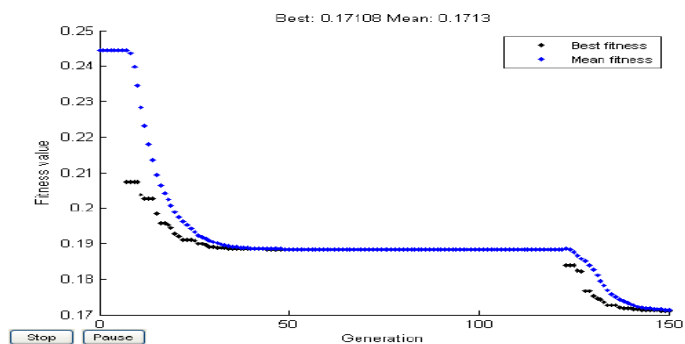
- الگوریتم ترکیبی علف هرز مهاجم: سبدهای منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیابی برای رسیدن به پاسخ بهینه:

شکل های ۳ و ۴ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه ی بهینه را توسط الگوریتم علف هرز مهاجم و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می دهند. شکل ۳ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی ماهانه، و شکل ۴ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی سالانه است.

همچنین، جداول ۳ و ۴ نیز به ترتیب پورتنفوی منتخب علف هرز مهاجم ماهانه و سالانه را نشان می دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهامی که باید در پورتنفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتنفوی می باشند.



شکل ۳: روند همگرایی الگوریتم علف هرز مهاجم ماهانه



شکل ۴: روند همگرایی الگوریتم علف هرز مهاجم سالانه

جدول ۳: سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم علف هرز مهاجم، بر اساس اطلاعات بازده ماهانه

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	۶/۶۶	۱۸. پتروشیمی	سر.	۳۵. فراآورده‌های نسوز آذر	-

۲. ایران خودرو دیزل	-	۱۹. سر. توسعه صنعتی	-	۳۶. کالسیمین	-
۳. بانک اقتصاد نوین	۲	۲۰. سر. رنا	۳/۴۳	۳۷. کربن ایران	-
۴. پارس دارو	-	۲۱. سر. صنعت بیمه	۶/۶۶	۳۸. کف	۲/۹۶
۵. پتروشیمی آبادان	۱/۲۵	۲۲. سر. صنعت و معدن	-	۳۹. گازلوله	-
۶. پتروشیمی خارک	۳/۴۵	۲۳. سر. غدیر	۲/۱۲	۴۰. گروه بهمن	-
۷. پتروشیمی فارابی	۴/۶۶	۲۴. سر. گروه بهشهر	-	۴۱. گروه صنعتی سدید	۶/۶۶
۸. تجهیز نیروی زنگان	۳/۰۶	۲۵. سر. مسکن	۰/۰۱	۴۲. لوله و ماشین سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	-	۲۶. سر. معادن و فلزات	-	۴۳. ماشین سازی نیرو محرکه	-
۱۰. چادرملو	-	۲۷. سر. ملی	-	۴۴. محروسازان	۲/۷۴
۱۱. دارو جابر ابن حیان	-	۲۸. سر. نفت	-	۴۵. معادن روی ایران	-
۱۲. زامیاد	۲/۸۲	۲۹. سیمان تهران	-	۴۶. معادن منگنز ایران	-
۱۳. سایپا	۶/۶۶	۳۰. سیمان فارس	-	۴۷. مهر کام پارس	۶/۶۶

			و خوزستان		
۱۴. سایپا دیزل	-	۳۱. شهد ایران	۲	۴۸. موتوژن	۶/۶۶
۱۵. سر. بازنشستگی	۰/۰۳	۳۲. صنعتی بهشهر	۶/۶۶	۴۹. نفت بهران	۶/۶۶
۱۶. سر. بوعلی	-	۳۳. صنعتی دریایی	-	۵۰. نفت پارس	۶/۵۶
۱۷. سر. پارس توشه	۲/۹۷	۳۴. فارسیت درود	-		

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۴. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتهوی الگوریتم علف هرز مهاجم، بر اساس اطلاعات بازده سالانه

نام و ردیف شرکت	پورتهوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتهوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتهوی منتخب
۱. ایران خودرو	-	۱۸. سر. پتروشیمی	-	۳۵. فرآورده‌های نسوز آذر	-
۲. ایران خودرو دیزل	-	۱۹. سر. توسعه صنعتی	-	۳۶. کالسیمین	۶/۶۶
۳. بانک اقتصاد نوین	-	۲۰. سر. رنا	-	۳۷. کربن ایران	-

۴. پارس دارو	۶/۶۶	۲۱. سر. صنعت ییمه	-	۳۸. کف	-
۵. پتروشیمی آبادان	-	۲۲. سر. صنعت و معدن	-	۳۹. گازلوله	-
۶. پتروشیمی خارک	-	۲۳. سر. غدیر	-	۴۰. گروه بهمن	-
۷. پتروشیمی فارابی	-	۲۴. سر. گروه پهشهر	۶/۶۶	۴۱. گروه صنعتی سدید	-
۸. تجهیز نیروی زنگان	۴/۳۱	۲۵. سر. مسکن	-	۴۲. لوله و ماشین سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	۶/۶۶	۲۶. سر. معادن و فلزات	-	۴۳. ماشین سازی نیرو محركه	-
۱۰. چادرملو	۶/۶۶	۲۷. سر. ملی	-	۴۴. محورسازان	-
۱۱. دارو جابر ابن حیان	-	۲۸. سر. نفت	-	۴۵. معادن روی ایران	-
۱۲. زامیاد	-	۲۹. سیمان تهران	-	۴۶. معادن منگنز ایران	۶/۶۶
۱۳. سایپا	۲/۴۵	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	-	۴۷. مهرکام پارس	۶/۶۶
۱۴. سایپا دیزل	-	۳۱. شهد ایران	-	۴۸. موتوژن	۶/۶۶
۱۵. سر. بازنشتگی	-	۳۲. صنعتی پهشهر	۶/۶۶	۴۹. نفت بهران	۶/۶۶

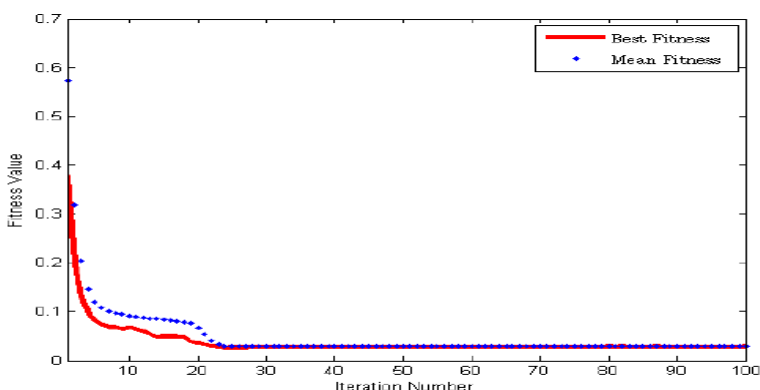
۶/۶۶	۵۰. نفت پارس	-	۳۳. صنعتی دریایی	-	۱۶. سر. بوعلی
		۶/۶۶	۳۴. فارسیت دروود	۶/۶۶	۱۷. سر. پارس توشه

منبع: نتایج تحقیق

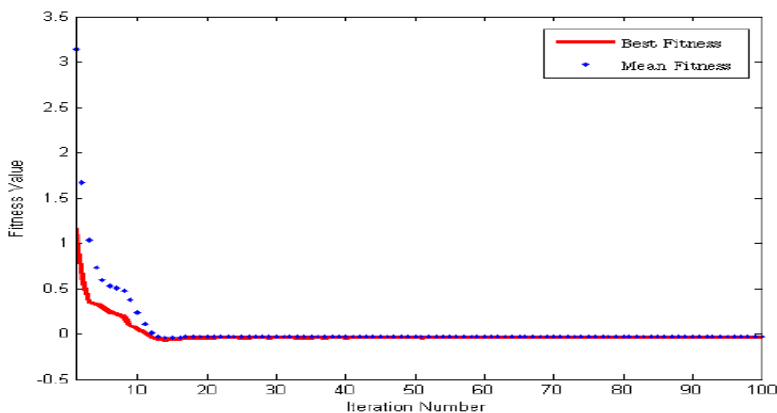
- الگوریتم فاخته: سبد های منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیابی برای رسیدن به پاسخ بهینه:

شکل های ۵ و ۶ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه ی بهینه را توسط الگوریتم فاخته و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می دهند. شکل ۵ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی ماهانه، و شکل ۶ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی سالانه است.

همچنین، جداول ۵ و ۶ نیز به ترتیب پورتنوی منتخب فاخته ماهانه و سالانه را نشان می دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهمی که باید در پورتنوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتنوی می باشند.



شکل ۵: روند همگرایی الگوریتم فاخته ماهانه



شکل ۶: روند همگرایی الگوریتم فاخته سالانه

جدول ۵. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم فاخته، بر اساس اطلاعات بازده ماهانه

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	۱/۱۲	۱۸. سر. پتروشیمی	۰/۶۸	۳۵. فرآورده های نسوز آذر	۰/۶۲
۲. ایران خودرو دیزل	-	۱۹. سر. توسعه صنعتی	-	۳۶. کالسیمین	-
۳. بانک اقتصاد نوین	۲/۷۶	۲۰. سر. رنا	۳/۳۶	۳۷. کربن ایران	۲/۲۳
۴. پارس دارو	۱/۹۸	۲۱. سر. صنعت بیمه	۵/۷۸	۳۸. کف	۴/۰۳
۵. پتروشیمی آبادان	۱/۹۲	۲۲. سر. صنعت و معدن	۱/۷۳	۳۹. گازلوله	-
۶. پتروشیمی خارک	۲/۸۹	۲۳. سر. غدیر	-	۴۰. گروه بهمن	۵/۲۳

۷. پتروشیمی فارابی	-	۲۴. سر. گروه بهشهر	۰/۰۳	۴۱. گروه صنعتی سدید	۲/۳۱
۸. تجهیز نیروی زنگان	۱/۳۶	۲۵. سر. مسکن	۴/۳۴	۴۲. لوله و ماشین سازی	۰/۶۱
۹. تراکتورسازی	۲/۰۶	۲۶. سر. معادن و فلزات	-	۴۳. ماشین سازی نیرو محرکه	۱/۷۹
۱۰. چادرملو	۴/۱	۲۷. سر. ملی	۱/۴۱	۴۴. محورسازان	۱/۲۹
۱۱. دارو جابر ابن حیان	۶/۰۴	۲۸. سر. نفت	۳/۱	۴۵. معادن روی ایران	۰/۷۱
۱۲. زامیاد	-	۲۹. سیمان تهران	۰/۳۲	۴۶. معادن منگنز ایران	-
۱۳. سایپا	۶/۶۶	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۴/۳۸	۴۷. مهرکام پارس	۶/۰۲
۱۴. سایپا دیزل	۱/۸۵	۳۱. شهد ایران	-	۴۸. موتورژن	۱/۷۴
۱۵. سر. بازنشستگی	۲/۹۶	۳۲. صنعتی بهشهر	۳/۴۱	۴۹. نفت بهران	۱/۱۱
۱۶. سر. بوعلی	-	۳۳. صنعتی دریایی	-	۵۰. نفت پارس	۲/۵۵
۱۷. سر. پارس توشه	۳/۰۶	۳۴. فارسیت دروود	۲/۴۶		

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۶. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم فاخته، بر اساس اطلاعات بازده سالانه

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	۰/۱۲	۱۸. سر. پتروشیمی	-	۳۵. فرآورده های نسوز آذر	-
۲. ایران خودرو دیزل	۱/۱	۱۹. سر. توسعه صنعتی	-	۳۶. کالسیمین	۶/۴۸
۳. بانک اقتصاد نوین	-	۲۰. سر. رنا	۰/۷۳	۳۷. کربن ایران	-
۴. پارس دارو	۳/۱۳	۲۱. سر. صنعت بیمه	-	۳۸. کف	۱/۷۷
۵. پتروشیمی آبادان	۳/۵۳	۲۲. سر. صنعت و معدن	۰/۵۵	۳۹. گازلوله	-
۶. پتروشیمی خاارک	۵/۶۱	۲۳. سر. غدیر	-	۴۰. گروه بهمن	-
۷. پتروشیمی فارابی	-	۲۴. سر. گروه بهشهر	۶/۴۸	۴۱. گروه صنعتی سدید	-
۸. تجهیز نیروی زنگان	۶/۰۷	۲۵. سر. مسکن	۳/۱۶	۴۲. لوله و ماشین سازی	۶/۴۸
۹. تراکتورسازی	۱/۰۱	۲۶. سر. معادن و فلزات	۱/۴۲	۴۳. ماشین سازی نیرو محرکه	-
۱۰. چادرملو	۶/۴۸	۲۷. سر. ملی	-	۴۴. محروسازان	-
۱۱. دارو	۰/۰۲	۲۸. سر. نفت	۰/۷۱	۴۵. معادن روی	۰/۰۸

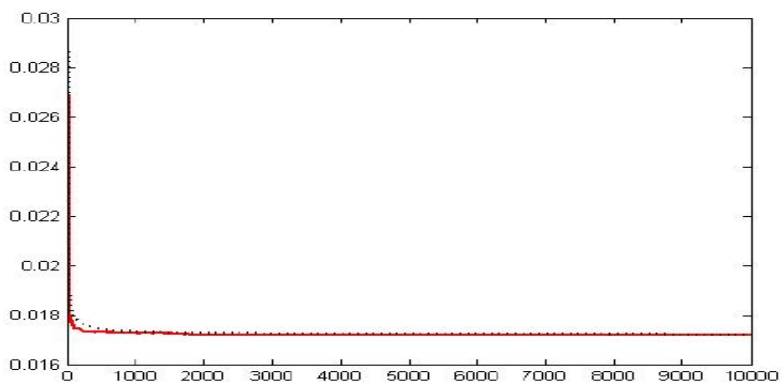
جابرین حیان			ایران	
۱۲. زامیاد	۰/۰۴	۲۹. سیمان تهران	-	۴۶. معادن منگنز ایران
۱۳. سایپا	۰/۰۸	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۰/۱۸	۴۷. مهرکام پارس
۱۴. سایپا دیزل	-	۳۱. شهد ایران	-	۴۸. موتوژن
۱۵. سر. بازنشستگی	۰/۰۱	۳۲. صنعتی بهشهر	۵/۳۳	۴۹. نفت بهران
۱۶. سر. بوعلی	۰/۳۴	۳۳. صنعتی دریایی	-	۵۰. نفت پارس
۱۷. سر. پارس توشه	۳/۱۴	۳۴. فارسیت درود	۶/۴۸	

منبع: نتایج تحقیق

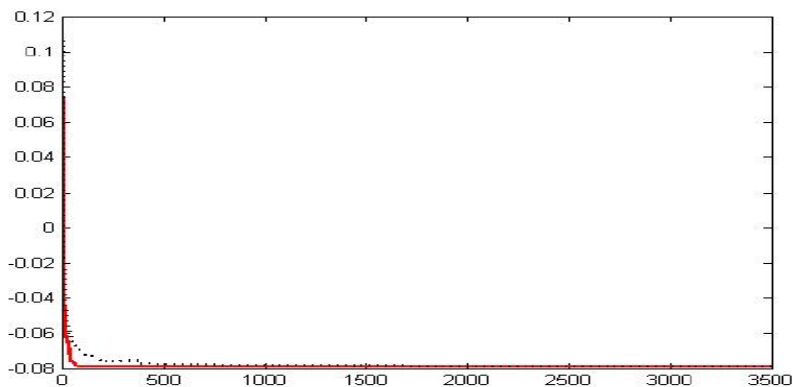
- الگوریتم ژنتیک سبدهای منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیابی برای رسیدن به پاسخ بهینه:

شکل‌های ۷ و ۸ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه‌ی بهینه را توسط الگوریتم ژنتیک و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می‌دهند. شکل ۷ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی ماهانه، و شکل ۸ نمودار تابع ارزیابی بر اساس اطلاعات ورودی سالانه است.

همچنین، جداول ۷ و ۸ نیز به ترتیب پورتنوی منتخب ژنتیک ماهانه و سالانه را نشان می‌دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهمی که باید در پورتنوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتنوی می‌باشند.



شکل ۷: روند همگرایی الگوریتم ژنتیک ماهانه



شکل ۸: روند همگرایی الگوریتم ژنتیک سالانه

جدول ۷. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم ژنتیک، بر اساس اطلاعات بازده ماهانه

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	۶/۶۶	۱۸. سر. پتروشیمی	-	۳۵. فراآورده های نسوز آذر	-

۱/۲۵	۳۶. کالسیمین	-	۱۹. سر. توسعه صنعتی	-	۲. ایران خودرو دیزل
-	۳۷. کرین ایران	-	۲۰. سر. رنا	۲/۷۴	۳. بانک اقتصاد نوین
۵/۰۲	۳۸. کف	۶/۶۶	۲۱. سر. صنعت بیمه	-	۴. پارس دارو
-	۳۹. گازلوله	-	۲۲. سر. صنعت و معدن	۱/۷۹	۵. پتروشیمی آبادان
-	۴۰. گروه بهمن	۱/۵۷	۲۳. سر. غدیر	۶/۶۶	۶. پتروشیمی خارک
۶/۶۶	۴۱. گروه صنعتی سدید	-	۲۴. سر. گروه بهشهر	-	۷. پتروشیمی فارابی
۶/۶۶	۴۲. لوله و ماشین سازی	-	۲۵. سر. مسکن	-	۸. تجهیز نیروی زنگان
-	۴۳. ماشین سازی نیرو محرکه	-	۲۶. سر. معادن و فلزات	-	۹. تراکتورسازی
-	۴۴. محورسازان	-	۲۷. سر. ملی	-	۱۰. چادرملو
-	۴۵. معادن روی ایران	۲/۰۹	۲۸. سر. نفت	-	۱۱. دارو جابرین حیان
-	۴۶. معادن منگنز ایران	-	۲۹. سیمان تهران	۴/۰۴	۱۲. زامیاد
۶/۶۶	۴۷. مهرکام پارس	-	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۶/۶۶	۱۳. سایپا
۶/۶۶	۴۸. موتوژن	۲/۴۲	۳۱. شهد ایران	-	۱۴. سایپا دیزل

== بهینه سازی سبد سهام سرمایه گذاری با بکارگیری الگوریتم های فراابتکاری علف هرز ... ۱۰۳

۶/۶۶	۴۹. نفت بهران	۶/۶۶	۳۲. صنعتی بهشهر	-	۱۵. سر. بازنشستگی
۵/۱۹	۵۰. نفت پارس	-	۳۳. صنعتی دریایی	-	۱۶. سر. بوعلی
		۵/۳۱	۳۴. فارسیت درود	۲	۱۷. سر. پارس توشه

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۸. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم ژنتیک، بر اساس اطلاعات بازده سالانه

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	-	۱۸. سر. پتروشیمی	-	۳۵. فرآورده های نسوز آذر	-
۲. ایران خودرو دیزل	-	۱۹. سر. توسعه صنعتی	-	۳۶. کالسیمین	۶/۶۶
۳. بانک اقتصاد نوین	-	۲۰. سر. رنا	-	۳۷. کربن ایران	-
۴. پارس دارو	۶/۶۶	۲۱. سر. صنعت بیمه	-	۳۸. کف	-
۵. پتروشیمی آبادان	-	۲۲. سر. صنعت و معدن	-	۳۹. گازلوله	-
۶. پتروشیمی خارک	-	۲۳. سر. غدیر	-	۴۰. گروه بهمن	-

۷. پتروشیمی فارابی	-	۲۴. سر. گروه بهشهر	۶/۶۶	۴۱. گروه صنعتی سدید	-
۸. تجهیز نیروی زنگان	۴/۳	۲۵. سر. مسکن	-	۴۲. لوله و ماشین سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	۶/۶۶	۲۶. سر. معادن و فلزات	-	۴۳. ماشین سازی نیرو محرکه	-
۱۰. چادرملو	۶/۶۶	۲۷. سر. ملی	-	۴۴. محورسازان	-
۱۱. دارو جابرین حیان	-	۲۸. سر. نفت	-	۴۵. معادن روی ایران	-
۱۲. زامیاد	-	۲۹. سیمان تهران	-	۴۶. معادن منگنز ایران	۶/۶۶
۱۳. سایپا	۲/۴۵	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	-	۴۷. مهر کام پارس	۶/۶۶
۱۴. سایپا دیزل	-	۳۱. شهد ایران	-	۴۸. موتوژن	۶/۶۶
۱۵. سر. بازنشستگی	-	۳۲. صنعتی بهشهر	۶/۶۶	۴۹. نفت بهران	۶/۶۶
۱۶. سر. بوعلی	-	۳۳. صنعتی دریایی	-	۵۰. نفت پارس	۶/۶۶
۱۷. سر. پارس توشه	۶/۶۶	۳۴. فارسیت درود	۶/۶۶		

منبع: نتایج تحقیق

- رتبه بندی و مقایسه ی الگوریتم ها با اطلاعات ورودی مختلف در تشکیل سبد جدول ۹ نتایج رتبه بندی پورتفوی های منتخب الگوریتم ها را بر اساس مقیاس شارپ یا RVAR نشان می دهد. همچنین نتایج حاصله، صرفاً از بعد بهینه سازی، و از نقطه نظر سرعت همگرایی نیز قابل مقایسه اند؛ به طوریکه قواعد این نوع از مقایسه، در نظر گرفتن شاخص تعداد نسل برای رسیدن به پاسخ بهینه است. اما آنچه اخیراً بیش از پیش مورد توجه قرار می گیرد و عامل مهمتری نسبت به تعداد نسل ها برای سنجش سرعت است -بالأخص در بهینه سازی هایی که زمان اهمیت دارد (همانند مسئله ی تشکیل سبد و بهنگام سازی پورتفوی پیش از ایجاد تغییرات اساسی در قیمت ها)- شاخص مدت زمان دستیابی به پاسخ بهینه می باشد (چرا که نسل ها در روش های مختلف، تفاوت های بنیادی و ماهیتی دارند و تعداد نسل، ملاک مناسبی برای سنجش سرعت در شرایط استفاده از روش های مختلف، نمی باشد. ستون تعداد نسل در دقیقه نیز، مؤید همین نکته می باشد). نتایج هر دو مقایسه در جدول ۱۰ با جزئیات کامل ارائه شده است (نتایج این جدول بر اساس محاسبات با یک کامپیوتر معمولی خانگی - با حافظه و CPU معمولی - است).

جدول ۹. رتبه بندی الگوریتم ها در تشکیل پورتفوی با اطلاعات ورودی مختلف، بر اساس معیار شارپ

نام الگوریتم و اطلاعات ورودی مورد استفاده	عملکرد سبد بر اساس RVAR	رتبه ی عملکردی
ترکیبی ماهانه	۱/۱۰۷۵	اول
ترکیبی سالانه	۰/۹۸۰۸	دوم
ژنتیک سالانه	۰/۹۸۰۶	سوم
علف هرز مهاجم سالانه	۰/۹۸۰۴	چهارم
ژنتیک ماهانه	۰/۸۸۵۶	پنجم
فاخته سالانه	۰/۸۶۵۴	ششم

علف هرز مهاجم ماهانه	۰/۸۵۵۳	هفتم
فاخته ماهانه	۰/۷۸۴۸	هشتم

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۱۰. مقایسه‌ی الگوریتم‌ها با اطلاعات ورودی مختلف، در تشکیل پورتفوی و بر اساس سرعت همگرایی (تعداد - نسل - زمان همگرایی)

نام الگوریتم و اطلاعات ورودی مورد استفاده	تعداد کل	مدت زمان پیمودن کل نسل‌ها (تقریبی)	تعداد نسل در دقیقه (تقریبی)	تعداد نسل تا رسیدن به پاسخ بهینه (تقریبی)	مدت زمان رسیدن به پاسخ بهینه (تقریبی)*	رتبه بر اساس کمترین بودن زمان بهینه-سازی	رتبه بر اساس کمترین بودن زمان بهینه-سازی
ترکیبی و ماهانه	۱۵۰	۱۷ دقیقه	۸/۸۲	۵۰	۵ دقیقه و ۴۰ ثانیه	چهارم	پنجم
ترکیبی سالانه	۱۵۰	۱۴ دقیقه	۱۰/۷۱	۱۱۰	۱۱ دقیقه	پنجم	سوم
علف هرز مهاجم ماهانه	۱۵۰	۲۰ دقیقه	۷/۵	۴۰	۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه	سوم	ششم
علف هرز مهاجم سالانه	۱۵۰	۱۶ دقیقه	۹/۳۷	۱۵۰	۱۶ دقیقه	ششم	چهارم

فاخته ماهانه	۱۰۰	۵ ساعت و ۳۵ دقیقه	۰/۲۹	۲۵	۱ ساعت و ۲۷ دقیقه	دوم	هشتم
فاخته سالانه	۱۰۰	۵ ساعت و ۹ دقیقه	۰/۳۲	۲۰	۱ ساعت و ۳ دقیقه	اول	هفتم
ژنتیک ماهانه	۱۰۰۰۰	۱۳ دقیقه	۷۶۹/۲۳	۹۰۰۰	۱۲ دقیقه	هشتم	دوم
ژنتیک سالانه	۳۵۰۰	۶ دقیقه	۵۸۳/۳۳	۳۰۰۰	۵ دقیقه و ۸ ثانیه	هفتم	اول

منبع: نتایج تحقیق

۵. جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که هر دو الگوریتم قادر به ارائه سبدهای بهینه با بازدهی بالا و ریسک پایین هستند، اما الگوریتم علف هرز مهاجم در شرایط خاصی عملکرد بهتری از خود نشان می دهد. با توجه به یافته های پژوهش، کاربرد الگوریتم های ابتکاری در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام تأیید و توصیه می شود. عملکرد موفق این الگوریتم ها در برتری مستمر نسبت به پورتفوی بازار گواهی است بر ادعای سازگاری آنها با مسئله، که غیر قابل چشم پوشی و غیر قابل انکار است. استفاده از این روش ها، بالأخص به دو گروه توصیه می شود، اول خبرگان؛ به دلیل آنکه می توانند به جای صرف منابع هنگفت مالی، انسانی، زمانی و ... و تنها به واسطه استفاده از روش های پژوهش به نقطه ی شروع مناسبی دست یابند؛ نقطه ای که با صرف منابع کمتر، یعنی کارایی بالاتر، اثربخشی یکسانی را برای آنها به همراه خواهد داشت. دوم تازه کارها؛ تا عملکرد سرمایه گذاری خود را افزایش دهند، به دلیل فقدان تجربه ی کار با پورتفوی ها، رویکردهای

پژوهش به آنها توصیه می‌شود.

در نتیجه‌ای دیگر از یافته‌ها، با توجه به عدم تأثیر ماهانه یا سالانه بودن اطلاعات ورودی در عملکرد سبدهای تشکیلی، اطلاعات سالانه برای تشکیل سبد توصیه می‌شوند، چرا که این نوع از اطلاعات با حجم گردآوری و محاسباتی بسیار کمتر، یعنی کارایی بالاتر، به اثربخشی یکسانی با همتهای ماهانه‌ی خود دست می‌یابند (که البته این اثربخشی در سطح بسیار مطلوبی می‌باشد). نتیجه‌ی آخر آنکه، با توجه به عملکرد مناسب سبدهایی که فقط از اطلاعات تاریخی برای تشکیل بهره برده بودند، شکل ضعیف تئوری بازار کارا در بازار بورس تهران، زیر سؤال رفته، مصداق داشتن آن در بازار تهران، مورد تردید قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، اگر این فرضیه بر بازار تهران حاکم می‌بود، می‌بایستی اطلاعات تاریخی در قیمت سهام رخنمون کرده، به تبع آن قیمت آتی، و بازدهی تعدیل می‌شد و سبدهایی که صرفاً با استفاده از اطلاعات تاریخی تشکیل شده بودند، عملکرد مناسبی کسب نمی‌کردند. حال آن‌که، نه تنها این سبدها عملکرد نامناسبی نداشته‌اند، بلکه در اکثر موارد از پورتنفوی بازار بهتر و در حد عملکرد خبرگان عمل نموده‌اند.

این مطالعه می‌تواند به سرمایه‌گذاران و مدیران مالی در اتخاذ تصمیمات بهینه و استراتژیک کمک کند و زمینه‌ساز تحقیقات بیشتر در این حوزه باشد.

کاربردهای تحقیق و استفاده کنندگان از نتایج پژوهش

کاربردهایی که از نتایج این پژوهش متصور است عبارتند از:

- ایجاد چشم‌انداز برای ورود به بازار بورس.
- به دست آمدن روش سازگار با شرایط بازار ایران جهت تشکیل پورتنفوی.
- به دست آمدن نوع اطلاعات ورودی سازگار با شرایط بازار ایران جهت تشکیل پورتنفوی.
- کمی‌سازی و سیستماتیک کردن فرآیند تجارت در بورس و ایجاد الگویی برای سایر سرمایه‌گذاران.

- تعیین کارایی و سنجش عملکرد خبرگان، تازه کارها و روش های علمی در بورس ایران.
- سنجشی هر چند مختصر، از شکل ضعیف فرضیه ی بازار کارا در بورس تهران. همچنین با توجه به کاربردی بودن طرح، انواعی از شرکت ها و سازمان هایی که می توانند از نتایج به دست آمده از این پژوهش استفاده کنند عبارتند از:
سازمان بورس اوراق بهادار (بورس های منطقه ای و...)، شرکت های کارگزاری، شرکت های سرمایه گذاری، صندوق های مشترک سرمایه گذاری، شرکت های بیمه، بانک ها، سرمایه گذاران فردی و علاقه مندان به سرمایه گذاری در بورس، دانشجویان و اساتید مالی، حسابداری و ...

۶-پیشنهادهای تحقیق

۱. بررسی و مقایسه دقیق عملکرد الگوریتم های علف هرز مهاجم و فاخته در شرایط مختلف بازار (مثلاً بازارهای صعودی، نزولی و پایداری).
۲. طراحی و پیاده سازی الگوریتم های ترکیبی که از مزایای هر دو الگوریتم علف هرز مهاجم و فاخته بهره برداری کنند.
۳. به کارگیری داده های واقعی و تاریخی از بازار سهام برای ارزیابی عملکرد الگوریتم ها، به ویژه در دوره های بحرانی
۴. انجام تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای ورودی الگوریتم ها و بررسی تأثیر آنها بر نتایج بهینه سازی
۵. گنجاندن مدل های مختلف ریسک (مانند VaR و CVaR) در فرآیند بهینه سازی سبد سهام و بررسی تأثیر آنها بر نتایج
۶. ادغام الگوریتم های فراابتکاری با تکنیک های یادگیری ماشین برای پیش بینی رفتار بازار و بهینه سازی سبد سهام
۷. تحلیل تأثیر عوامل کلان اقتصادی (مانند نرخ بهره، تورم و تغییرات سیاسی) بر عملکرد سبد سهام بهینه سازی شده با این الگوریتم ها
۸. طراحی و پیاده سازی یک نرم افزار کاربردی که از الگوریتم های علف هرز مهاجم و فاخته برای بهینه سازی سبد سهام استفاده کند.

منابع و مآخذ

- تهرانی رضا، (۱۳۸۷)، **مدیریت مالی**، چاپ چهارم، تهران: انتشارات نگاه دانش،
- پدرام، پرهام. (۱۳۸۸). تبیین و آزمون الگوریتم روش تسلط تصادفی برای ارزیابی کارایی پرتفوی بهینه. **مالیات مالی**. ۹۱(۹). صفحه ۶۵-۸۳.
- جونز، چارلز پارکر. **مدیریت سبد سهام (سبد سرمایه‌گذاری)** / تألیف چارلز پارکر جونز؛ مترجم محمدشاه عزیزاده. (۱۳۸۰). تهران: جامعه دانشگاهی: مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.
- رضائی پندری عباس، آذر عادل، رعیتی شوازی علیرضا، (۱۳۹۰)، به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفوی بهینه ای با اهداف غیر خطی (بوس اوراق بهادار تهران)، **فصلنامه پژوهش های اقتصادی**، ۱۶(۴۸)، ۱۳۴-۱۰۹.
- زمانیان غلامرضا، جمشیدی سجاد. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد شرکت های فرا بورس ایران با استفاده از معیار تسلط تصادفی و بهینه سازی آن با الگوی ترکیبی PSO و ANN. **مدیریت دارایی و تامین مالی**. ۶(۳)، (پیاپی ۲۲)؛ ۱۵-
- شیرینی قهی، امیر؛ دیده خانی، حسین؛ خلیلی دامغانی، کاوه؛ سعیدی، پرویز. (۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی مدل بهینه سازی چند دوره ای چندهدفه در محیط اعتبار فازی با معیارهای ریسک متفاوت. **راهبرد مدیریت مالی**. ۵(۱۸)، ۲۶-۱.
- کیانی هرچگانی، مانده؛ نبوی چاشمی، سید علی؛ معماریان، عرفان. (۱۳۹۳). بهینه سازی سبد سهام براساس حداقل سطح پذیرش ریسک کل و اجزای آن با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک. **فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری**. ۳(۱۱). ۱۲۵-۱۶۴.
- مرادی، محمد. (۱۳۹۶). بهینه سازی سبد سرمایه گذاری در بورس و اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم چرخه اب. **چشم انداز مدیریت مالی**. ۷(۲۰): ۹-۳۲.
- نبوی چاشمی، سید علی؛ داداش پور عمرانی، احمد. (۱۳۹۱). انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت محدودیت احتمالی در بستر بازار سرمایه ایران. **مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار**. ۳(۱۳): ۷۳-۸۹.
- مرادی، مهرداد و شریعتی، اعظم (۱۳۹۲)، بررسی روابط بلندمدت نوسانات شاخص سهام و قیمت نفت بر رشد اقتصادی در کشورهای عضو دی هشت، **اولین همایش الکترونیکی ملی چشم انداز اقتصاد ایران با رویکرد حمایت از تولید ملی، خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان**.

- مشیری، سعید و مروت، حبیب. (۱۳۸۵). پیشبینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از مدل های خطی و غیرخطی، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*.
- نیکو مرام، هاشم؛ پورزمانی، زهرا؛ دهقان، عبدالمجید. (۱۳۹۴). بررسی سرایت پذیری تلاطم بازارهای مالی بازار سرمایه بر صنایع بورسی (صادرات و واردات محور)، *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، ۸(۲۵).
- اله بخش، محمد؛ (۱۳۸۰). بررسی تاثیر تغییرات نرخ ارز بر روی تغییرات قیمت سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران.
- هاگن، رابرت، (۲۰۱۴)، *تئوری نوین سرمایه گذاری*، ترجمه دکتر علی پارسائیان و بهروز خدارحمی، تهران: انتشارات دانشگاه امار و داده های سری زمانی بورس اوراق بهادار تهران.

- Bekiros, S., Hernandez, J. A., Hammoudeh, S., & Nguyen, D. K. (۲۰۱۵). Multivariate dependence risk and portfolio optimization: An application to mining stock portfolios. *Resources Policy*, ۴۶(۲), ۱-۱۱.
- Dantzig, G. B. (۱۹۶۳). *Linear programming and extensions*. Princeton University Press.
- Dantzig, G. B. (۱۹۵۵). Linear programming under uncertainty. *Management Science*, ۱(۳-۴), ۱۹۷-۲۰۶. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1.3-4.197>
- Davidson, R., & Duclos, J.-Y. (۲۰۰۰). Statistical inference for stochastic dominance and for the measurement of poverty and inequality. *Econometrica*, ۶۸(۶), ۱۴۳۵-۱۴۶۵. <https://doi.org/10.1111/1468-0262.00167>
- Delbaen, F. (۲۰۰۲). Coherent risk measures on general probability spaces. In K. Sandmann & P. J. Schönbucher (Eds.), *Advances in finance and stochastics: Essays in honour of Dieter Sondermann* (pp. ۱-۳۷). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04790-3_1
- Dentcheva, D., & Martinez, G. (۲۰۱۲). Two-stage stochastic optimization problems with stochastic ordering constraints on the recourse. *European Journal of Operational Research*, ۲۱۹(۱), ۱-۸.
- Dentcheva, D., & Ruszczyński, A. (۲۰۰۳). Optimization with stochastic dominance constraints. *SIAM Journal on Optimization*, ۱۴(۲), ۵۴۸-۵۶۶. <https://doi.org/10.1137/S1052623402420528>
- Dentcheva, D., & Ruszczyński, A. (۲۰۰۴). Optimality and duality theory for stochastic optimization problems with nonlinear dominance constraints. *Mathematical Programming*, ۹۹(۲), ۳۲۹-۳۵۰.

- Elton, E. J., & Gruber, M. J. (۱۹۸۷). *Modern portfolio theory and investment analysis* (۳rd ed.). Wiley.
- Fernandez, A., Gomez, S., & Luna, F. (۲۰۱۳). Portfolio selection using genetic algorithms and downside risk measures. *Computational Economics*, ۴۱(۴), ۴۳۷–۴۵۸. <https://doi.org/10.1007/s10614-012-9343-8>
- Fishburn, P. C. (۱۹۷۷). Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. *The American Economic Review*, ۶۷(۲), ۱۱۶–۱۲۶.
- Hadar, J., & Russell, W. R. (۱۹۶۹). Rules for ordering uncertain prospects. *The American Economic Review*, ۵۹(۱), ۲۵–۳۴.
- Kopa, M., & Post, T. (۲۰۱۷). *Portfolio optimization with DARA stochastic dominance constraints* (SSRN Working Paper No. ۳۰۶۳۱۴۱). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3063141>
- Levy, H., & Hanoch, G. (۱۹۷۰). Relative effectiveness of efficiency criteria for portfolio selection. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, ۵(۱), ۶۳–۷۶. <https://doi.org/10.2307/2329767>
- Mainik, G., Mitov, G., & Rüschendorf, L. (۲۰۱۵). Portfolio optimization for heavy-tailed assets: Extreme Risk Index vs. Markowitz. *Journal of Empirical Finance*, ۳۲, ۱۱۵–۱۳۴.
- Zeleny, M. (۱۹۸۲). *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill.