فصلنامه راهبرد توسعه/ سال بیستم و یکم/ شماره ۲ (پیاپی۸۲)/ تابستان ۱٤۰٤/ ۳٤۹-۳۱٤
Quarterly Journal of Development Strategy, ۲۰۲۵, Vol. ۲۱, No.۲ (۸۲)

بهینه سازی سبد سهام سرمایه‌گذاری با بکارگیری الگوریتم‌های فراابتکاری علف هرز مهاجم و فاخته

نوید محمودزاده ملکی [۱]
حیدر محمدزاده سالطه [۲]
سلیمان ایران زاده [۳]

(تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۵/۲۰ ـ تاریخ تصویب ۱۴۰۳/۷/۱۶)
نوع مقاله: **علمی پژوهشی**

چکیده:
بهینه‌سازی سبد سهام یکی از چالش‌های کلیدی در مدیریت سرمایه‌گذاری است که هدف آن حداکثر کردن بازده و کاهش ریسک است. الگوریتم علف هرز مهاجم، با الهام از رفتار علف‌های هرز در طبیعت، به جستجوی بهینه‌تری برای انتخاب سهام می‌پردازد و توانایی بالایی در فرار از بهینه‌های محلی دارد. از سوی دیگر، الگوریتم فاخته، که بر اساس رفتار پرندگان فاخته در تخم‌گذاری در لانه‌های دیگر پرندگان طراحی شده است، به‌خوبی می‌تواند 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، بنابرین 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 سرمایه‌گذاری قابل معامله در بروس اوراق بهادار تهران هستند. برای تعین حجم نمونه از روش غربالگری سیستمی استفاده شد. اولین گام تعریف دقیق مساله و شناسایی پارامترهاو 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 بکارکیری 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 روش‌های 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 ـ ریسک و روش های بهینه سازی فراابتکاری علف هرز مهاجم و الگوریتم فاخته ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی، سبدسهام، سرمایه گذاری، الگوریتم های فراابتکار.

۱. مقدمه

جهان در قرن بیست و یکم، جهانی آکنده از رقابت، توسعه‌ی بازارها، ظهور و رواج فن‌آوری‌های برتر و گسترش تجارت است. بنابراین شرط توفیق در این عرصه، بهره‌گیری از فرصت‌ها و رویارویی با چالش‌های پیش‌رو است. این موارد ایجاب می‌کند که فرآیند توسعه‌ی 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 وهم‌چنین 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 ست 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 ست که کار قیمت گذاری و خرید و فروش کالا و اوراق بهادار در آن انجام می گیرد و به دو نوع بورس کالا و اوراق بهادار تقسیم می شود (پاکدین ۱۳۸۷). بورس اوراق بهادار، یک بازار متشکل سرمایه است که در آن سهام شرکت‌های خصوصی و دولتی طبق قانون خاص خرید و فروش می شود و از سویی محلی برای جمع آوری و پس انداز و نقدینگی بخش خصوصی به منظور انجام پروژه های سرمایه گذاری بلند مدت است و مرجعی ست برای مردم تا وجوه مازاد خود را برای سرمایه گذاری در شرکت ها بکار انداخته و از سود آن برخوردار شوند. یکی از مباحث مهمی که در بورس مطرح است و باید مورد توجه سرمایه گذاران 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 سرمایه گذاری با توجه به میزان ریسک و بازده آن انجام می‌شود. رویکرد سنتی سرمایه گذاری اینست که سرمایه‌گذاران بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشند. به عبارت دیگر، سرمایه گذاران 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 به‌وجود 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 سبدی از اوراق بهادار که به نحوی مناسب، تنوع یافته باشد، قابل کاهش نمی‌باشند، به آن ریسک کاهش‌ناپذیر یا غیرقابل‌اجتناب 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 سرمایه‌گذاران ریسک پذیر تلاش می‌کنند با افزایش میزان ریسک خود، سود بیشتری بدست آورند. با توجه به نظریه نوین پرتفوی دارایی ، سرمایه‌گذاران 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 سرمایه‌گذاران می‌شود و این در حالی است که شیوه سنتی سرمایه‌گذاری 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 سرمایه‌گذاران 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 تصمیم هایی 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 نظریه های سنتی تصمیم هایی اتخاذ کند (فروملت، ۲۰۰۱). به هر حال ریسک سرمایه گذاری یکی از مهمترین مسائلی ست که سرمایه گذار 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 چالش های موجود در تشکیل سبد دارایی ها، تعیین نسبت یا وزن بهینه ای از دارای های موجود در سبد سرمایه گذاری برای کاهش ریسک است. در بهینه سازی پورتفولیو، مسئله اصلی انتخاب بهینه دارایی‌ها و اوراق بهاداری ست که با مقدار مشخص سرمایه می توان تهیه کرد. اگرچه کمینه کردن ریسک و بیشینه کردن بازده سرمایه گذاری به نظر ساده می رسد، اما در عمل روش های متعددی برای تشکیل پورتفولیوی بهینه بکار رفته است. با قبول نظریه سنتی سرمایه گذاری و فرض اساسی ریسک گریزی سرمایه گذاران، چالش تشکیل سبد بهینه سهام را می توان حل کرد. مارکویتز در سال۱۹۵۲ با اشاره به این نکته که با تشکیل یک سبد در سطح معینی از ریسک، می توان بازدهی بیشتری بدست آورد یا برعکس در سطح معینی از بازدهی، ریسک کمتری را متحمل شد، چالش گفته شده را حل کرد. مارکویتز نظریه مدرن پورتفولیو را بصورت فرمول ریاضی بیان کرد. وی برای بدست آوردن وزن بهینه سرمایه‌گذاری های 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 سرمایه گذاری مورد نظر شخص سرمایه گذار برآورده می سازد) مسئله بهینه‌سازی مقیدی را طراحی و حل کرد که بوسیله آن می توان بردار وزن بهینه سرمایه گذاری های موجود در سبد را بدست آورد. در مدل مارکویتز همان اصطلاح بهینه سازی پرتفوی استاندارد مدنظر قرار می گیرد. طی مسئله بهینه سازی پرتفوی با برخی محدودیت های واقع بینانه نیز روبرو می باشیم؛ 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 محدودیت های حقیقی مزبور به بهینه سازی پرتفوی افزوده شود، مسئله به سرعت تبدیل به مجموعه ای بسیار پیچیده خواهد شد که نتیجتاً با مسئله بهینه سازی 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 بعبارتی سیستم معاملاتی پیشنهادی به اثرات هزینه معامله واکنش نشان می دهد و معیارهای صندوق های بازدهی را به طور پیوسته بهتر می کند.

- کومار میشرا 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 دربرمی گیرد.

- توروبیانو و سوآرز [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 تبادلی" 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 تبادلی 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 ساختاربندی رابطه مافوق است. از سوی دیگر، در این پژوهش روشی فرض شده است که در آن، هرکدام 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 تجمیع 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 برنامهنویسی شبکه ژنتیک, برای تشخیص ویژگی های موثر و از درخت تصمیم ID۳ بهبودیافته 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,

---

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

میانگین متحرک خود همبسته و الگوریتم پیش بینی سری زمانی, بهتر عمل نماید.

- 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 به‌کمک 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 پرتفوهای بهینه بر اساس معیارهای ریسک واریانس، نیم-واریانس 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 دسته¬های میگو با روش‌های رقابت استعماری و تجمعی ذرات مقایسه شده و مشاهده می‌شود که نسبت به آن ها 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 به‌صورت 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 بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه و تک هدفه اقدام به حل مدل ارائه شده کرده‌اند. در تحقیق مذکور برای بررسی قابلیت حل این مسائل به کمک این الگوریتم، از داده‌های بازده ماهیانه ۴ شرکت در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی دی ماه ۱۳۸۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۲ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم چند هدفه بهینه‌سازی 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 نحوه‌ی گردآوری داده‌ها، این پژوهش توصیفی– تحلیلی است و از مطالعات کتابخانه ای جهت جمع آوری اطلاعات استفاده شده است. پژوهش‌های توصیفی به بررسی شرایط موجود جهت شناخت بیشتر به منظور کمک به فرآیند تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جامعه آماری تحقیق حاضر، سبد سهام سرمایه‌گذاری قابل معامله در بروس اوراق بهادار تهران هستند. برای تعین حجم نمونه از روش غربالگری سیستمی استفاده شد.

برای گردآوری اطلاعات مربوط به مبانی نظری، از تحقیقات کتابخانه‌ای 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 وتحلیل 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 روش‌های 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 ـ 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 سهم ها
- K: تعداد سهم انتخابی
- u_i: حداکثر سرمایه گذاری در سهم i ام
- l_i: حداقل سرمایه گذاری در سهم i ام

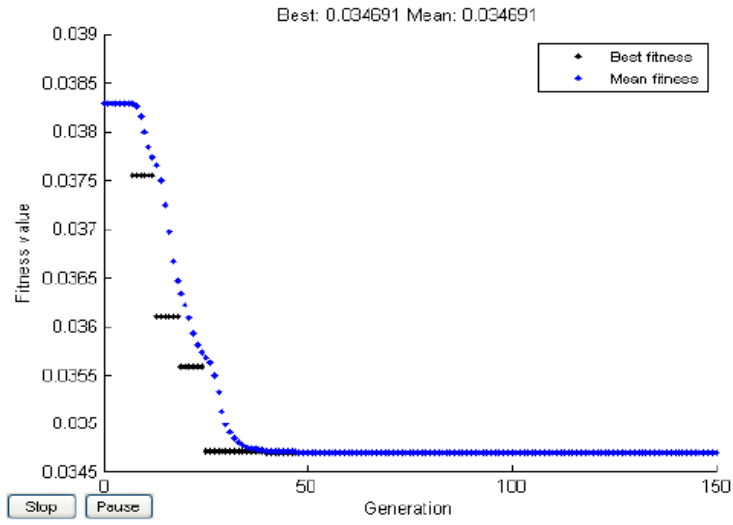
٤. نتایج و تجزیه وتحلیل یافته ها

- سبدهای حاصل از الگوریتم های ابتکاری و رتبه بندی درون گروهی

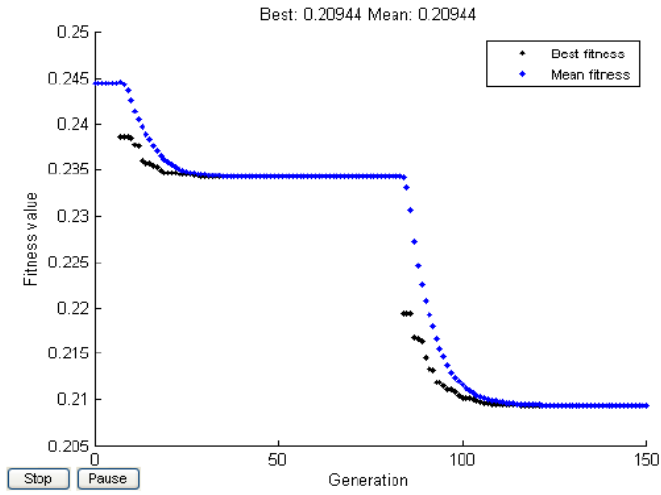
- الگوریتم ترکیبی علف هرزمهاجم-فاخته: سبدهای منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیاب برای رسیدن به پاسخ بهینه:

الگوریتم‌ها 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 پاسخ‌های بهینه‌تر را ممکن می‌سازد. این پارامترها برای همهی مسائل ثابت نمی‌باشند و باید پارامترها سازگار با هر مسئله را برای الگوریتم‌ها یافت.

شکل‌های ۱ و ۲ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه‌ی بهینه را توسط الگوریتم ترکیبی و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می‌دهند. در این نمودارها، دو مقدار متوسط لحظه‌ای تابع و بهترین مقدار لحظه‌ایی تابع ارزیابی، ترسیم و از یکدیگر مجزا شده‌اند. 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 می‌دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهامی که باید در پورتفوی انتخاب شوند و ثانیا مقدار هر سهم در پورتفوی می‌باشند.



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. کربن ایران	۱/۴
۴. پارس دارو	۴/۶۱	۲۱. سر. صنعت بیمه	۱/۵۲	۳۸. کف	۱/۵۱
۵. پتروشیمی آبادان	۱/۴	۲۲. سر. صنعت و معدن	۱/۴۶	۳۹. گازلوله	۱/۴

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

منبع: نتایج تحقیق

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

نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	پورتفوی منتخب
۱. ایران خودرو	۰/۵	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 ماشین‌سازی	۲/۱۱
۹. تراکتورسازی	۱/۸۹	۲۶. سر. معادن و فلزات	۱/۸۶	۴۳. .ماشین‌سازی نیرو محرکه	۱/۹۲
۱۰. چادرملو	۱/۹۴	۲۷. سر. ملی	۱/۹	۴۴. محورسازان	۲/۲
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	۱/۹۵	۲۸. سر. نفت	۱/۹	۴۵. معادن روی ایران	۱/۹۴

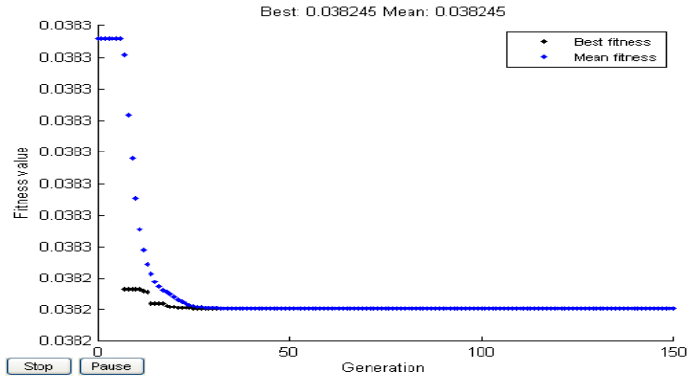
۱۲. زامیاد	۱/۸۹	۲۹. سیمان تهران	۱/۸۹	۴۶. معادن منگنز ایران	۱/۹۷
۱۳. سایپا	۱/۸۵	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۱/۸۹	۴۷. مهرکام پارس	۱/۹۸
۱۴. سایپا دیزل	۱/۸۸	۳۱. شهد ایران	۱/۸۶	۴۸. موتوژن	۱/۹۱
۱۵. سر. بازنشستگی	۱/۸۵	۳۲. صنعتی بهشهر	۱/۴۹	۴۹. نفت بهران	۴/۷۵
۱۶. سر. بوعلی	۱/۸۹	۳۳. صنعتی دریایی	۱/۸۵	۵۰. نفت پارس	۱/۹۲
۱۷. سر. پارس توشه	۲/۰۲	۳۴. فارسیت درود	۴/۵۸		

منبع: نتایج تحقیق

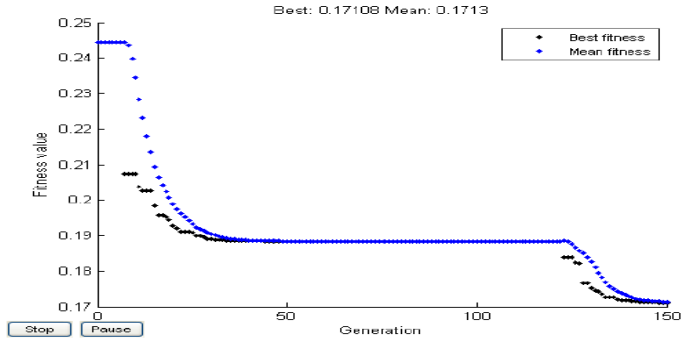
- الگوریتم ترکیبی علف هرز مهاجم: سبدهای منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیابی برای رسیدن به پاسخ بهینه:

شکل‌های ۳ و ۴ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه‌ی بهینه را توسط الگوریتم علف هرز مهاجم و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می‌دهند. 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 پورتفوی منتخب علف هرز مهاجم ماهانه و سالانه را نشان می‌دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهامی که باید در پورتفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتفوی می‌باشند.



شکل ۳: روند همگرایی الگوریتم علف هرز مهاجم ماهانه



شکل ٤: روند همگرایی الگوریتم علف هرز مهاجم سالانه

جدول۳ : 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. سر. پتروشیمی	–	۳۵. فرآورده‌های 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 ماشین‌سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	–	۲۶. سر. معادن و فلزات	–	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	–
۱۰. چادرملو	–	۲۷. سر. ملی	–	۴۴. محورسازان	۲/۷۴
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	–	۲۸. سر. نفت	–	۴۵. معادن روی ایران	–
۱۲. زامیاد	۲/۸۲	۲۹. سیمان تهران	–	۴۶. معادن منگنز ایران	–

۱۳. ساپا	۶/۶۶	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	–	۴۷. مهرکام پارس	۶/۶۶
۱۴. ساپا 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 ٤. سهام و نسبت سهام (درصد) در پورتفوی الگوریتم علف هرز مهاجم، 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. 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 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	۴/۳۱	۲۵. سر. مسکن	–	۴۲. لوله و ماشین‌سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	۶/۶۶	۲۶. سر. معادن و فلزات	–	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	–
۱۰. چادرملو	۶/۶۶	۲۷. سر. ملی	–	۴۴. محورسازان	–
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	–	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. بازنشستگی	–	۳۲. صنعتی	۶/۶۶	۴۹. نفت بهران	۶/۶۶

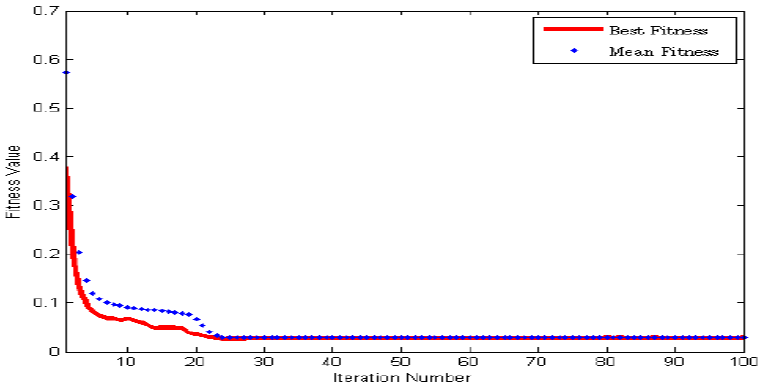
		بهشهر			
۱۶. سر. بوعلی	–	۳۳. صنعتی دریایی	–	۵۰. نفت پارس	۶/۶۶
۱۷. سر. پارس توشه	۶/۶۶	۳۴. فارسیت درود	۶/۶۶		

منبع: نتایج تحقیق

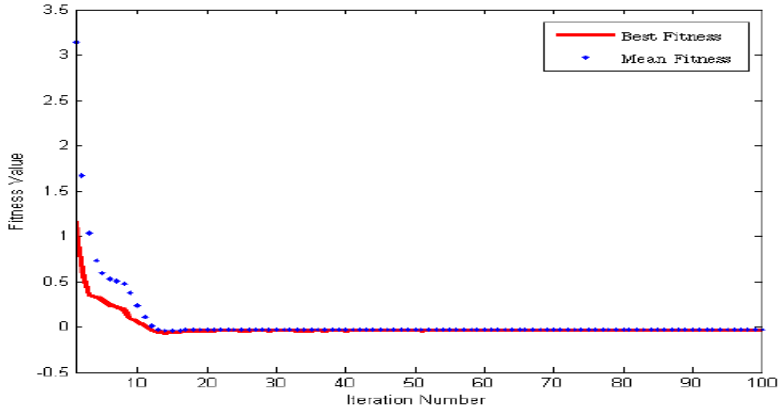
- الگوریتم فاخته: سبد های منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیابی برای رسیدن به پاسخ بهینه:

شکل‌های ۵ و ۶ مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه‌ی بهینه را توسط الگوریتم فاخته و به تفکیک نوع اطلاعاتی که الگوریتم استفاده نموده است، نشان می‌دهند. 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 پورتفوی منتخب فاخته ماهانه و سالانه را نشان می‌دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهامی که باید در پورتفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتفوی می‌باشند.



شکل ۵: روند همگرایی الگوریتم فاخته ماهانه



شکل ٦: روند همگرایی الگوریتم فاخته سالانه

جدول ٥. 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. فرآورده‌های 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 ماشین‌سازی	۰/۶۱
۹. تراکتورسازی	۲/۰۶	۲۶. سر. معادن و فلزات	–	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	۱/۷۹
۱۰. چادرملو	۴/۱	۲۷. سر. ملی	۱/۴۱	۴۴. محورسازان	۱/۲۹
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	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. موتوژن	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 درود	۲/۴۶		

منبع: نتایج تحقیق

جدول ٦. 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. فرآورده‌های 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 خارک	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 ماشین‌سازی	۶/۴۸
۹. تراکتورسازی	۱/۰۱	۲۶. سر. معادن و فلزات	۱/۴۲	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	–
۱۰. چادرملو	۶/۴۸	۲۷. سر. ملی	–	۴۴. محورسازان	–

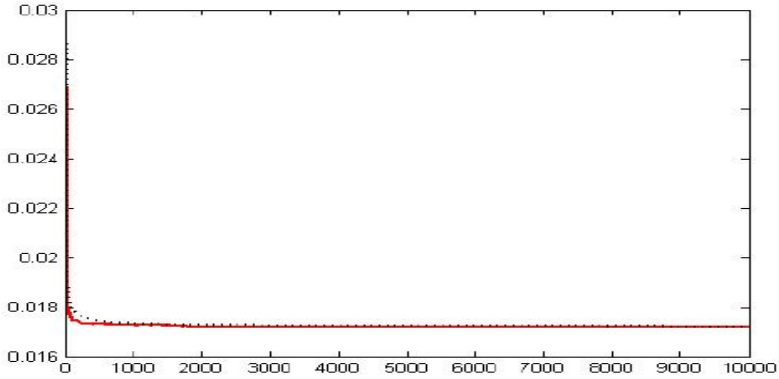
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	۰/۰۲	۲۸. سر. نفت	۰/۷۱	۴۵. معادن روی ایران	۰/۰۸
۱۲. زامیاد	۰/۰۴	۲۹. سیمان تهران	-	۴۶. معادن منگنز ایران	۶/۴۸
۱۳. سایپا	۰/۰۸	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	۰/۱۸	۴۷. مهرکام پارس	۶/۴۸
۱۴. سایپا دیزل	-	۳۱. شهد ایران	-	۴۸. موتوژن	۳/۸۴
۱۵. سر. بازنشستگی	۰/۰۱	۳۲. صنعتی بهشهر	۵/۳۳	۴۹. نفت بهران	۶/۴۸
۱۶. سر. بوعلی	۰/۳۴	۳۳. صنعتی دریایی	-	۵۰. نفت پارس	۶/۱۹
۱۷. سر. پارس توشه	۳/۱۴	۳۴. فارسیت درود	۶/۴۸		

منبع: نتایج تحقیق

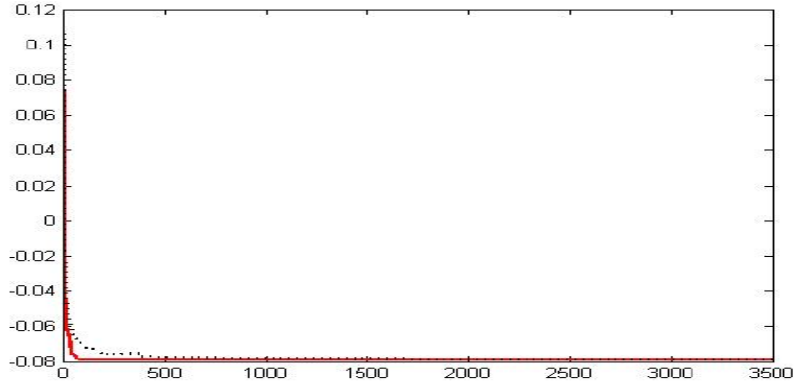
- الگوریتم ژنتیک سبدهای منتخب، پارامترهای بهینه و نمودارهای تابع ارزیابی برای رسیدن به پاسخ بهینه:

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. شکل۷ 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 پورتفوی منتخب ژنتیک ماهانه و سالانه را نشان می‌دهند. اعداد جداول بیانگر اولاً سهامی که باید در پورتفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتفوی می‌باشند.



شکل ۷: روند همگرایی الگوریتم ژنتیک ماهانه



شکل۸: 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. فرآورده‌های نسوز آذر	-

۲. ایران خودرو دیزل	–	۱۹. سر. توسعه صنعتی	–	۳۶. کالسیمین	۱/۲۵
۳. بانک اقتصاد نوین	۲/۷۴	۲۰. سر. رنا	–	۳۷. کربن ایران	–
۴. پارس دارو	–	۲۱. سر. صنعت بیمه	۶/۶۶	۳۸. کف	۵/۰۲
۵. پتروشیمی آبادان	۱/۷۹	۲۲. سر. صنعت و معدن	–	۳۹. گازلوله	–
۶. پتروشیمی خارک	۶/۶۶	۲۳. سر. غدیر	۱/۵۷	۴۰. گروه بهمن	–
۷. پتروشیمی فارابی	–	۲۴. سر. گروه بهشهر	–	۴۱. گروه صنعتی سدید	۶/۶۶
۸. تجهیز نیروی زنگان	–	۲۵. سر. مسکن	–	۴۲. لوله و ماشین‌سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	–	۲۶. سر. معادن و فلزات	–	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	–
۱۰. چادرملو	–	۲۷. سر. ملی	–	۴۴. محورسازان	–
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	–	۲۸. سر. نفت	۲/۰۹	۴۵. معادن روی ایران	–
۱۲. زامیاد	۴/۰۴	۲۹. سیمان تهران	–	۴۶. معادن منگنز ایران	–
۱۳. سایپا	۶/۶۶	۳۰. سیمان فارس و خوزستان	–	۴۷. مهرکام پارس	۶/۶۶
۱۴. سایپا دیزل	–	۳۱. شهد ایران	۲/۴۲	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	۵/۱۹
۱۷. سر. پارس توشه	۲	۳۴. فارسیت درود	۵/۳۱		

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. 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 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 ماشین‌سازی	۶/۶۶
۹. تراکتورسازی	۶/۶۶	۲۶. سر. معادن و فلزات	–	۴۳. ماشین‌سازی نیرو محرکه	–
۱۰. چادرملو	۶/۶۶	۲۷. سر. ملی	–	۴۴. محورسازان	–
۱۱. دارو جابرابن‌حیان	–	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. 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 مقایسه‌ی الگوریتم ها با اطلاعات ورودی مختلف در تشکیل سبد

جدول۹ نتایج رتبه‌بندی پورتفوی‌های منتخب الگوریتم‌ها را بر اساس مقیاس شارپ یا RVAR نشان می‌دهد. همچنین نتایج حاصله، صرفاً از بعد بهینه‌سازی، و از نقطه نظر سرعت همگرایی نیز قابل مقایسه‌اند؛ 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 می‌گیرد و عامل مهمتری نسبت به تعداد نسل‌ها برای سنجش سرعت است -بالأخص در بهینه‌سازی‌هایی که زمان اهمیت دارد (همانند مسئله‌ی تشکیل سبد و بهنگام‌سازی پورتفوی پیش از ایجاد تغییرات اساسی در قیمت‌ها)- شاخصِ مدت زمان دستیابی به پاسخ بهینه می‌باشد (چرا که نسل‌ها در روش‌های مختلف، تفاوت‌های بنیادی و ماهیتی دارند و تعداد نسل، ملاک مناسبی برای سنجش سرعت در شرایط استفاده از روش‌های مختلف، نمی‌باشد. ستون تعداد نسل در دقیقه نیز، مؤید همین نکته می‌باشد). 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. رتبه‌بندی الگوریتم‌ها در تشکیل پورتفوی با اطلاعات ورودی مختلف، بر اساس معیار شارپ

نام الگوریتم و اطلاعات ورودی مورد استفاده	عملکرد سبد بر اساس RVAR	رتبه‌ی عملکردی
ترکیبی ماهانه	۱/۱۰۷۵	اوّل
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 نسل‌های طی شده در حل مسئله	مدّت زمان پیمودن کل نسل‌ها (تقریبی)	تعداد نسل در دقیقه (تقریبی)	تعداد نسل تا رسیدن به پاسخ بهینه (تقریبی)	مدّت زمان رسیدن به پاسخ بهینه (تقریبی)*	رتبه بر اساس کمتر بودن تعداد نسل‌های بهینه-سازی	رتبه بر اساس کمتر بودن زمان بهینه-سازی
ترکیبی 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	۰/۲۹	۲۵	۱ ساعت و	دوم	هشتم

		ساعت و ۳۵ دقیقه			۲۷ دقیقه		
فاخته سالانه	۱۰۰	۵ ساعت و ۹ دقیقه	۰/۳۲	۲۰	۱ ساعت و ۳ دقیقه	اوّل	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	اوّل

منبع: نتایج تحقیق

۵. جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد 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 می‌دهد.

با توجه به یافته‌های پژوهش، کاربرد الگوریتم‌های ابتکاری در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام تأیید و توصیه می‌شود. عملکرد موفق این الگوریتم‌ها در برتری مستمر نسبت به پورتفوی بازار گواهی است بر ادعای سازگاری آنها با مسئله، که غیر قابل چشم‌پوشی و غیر قابل انکار است.

استفاده از این روش‌ها، بالأخص به دو گروه توصیه می‌شود، اول خبرگان؛ به دلیل آنکه می‌توانند به جای صرف منابع هنگفت مالی، انسانی، زمانی و ،... و تنها به واسطه‌ی استفاده از روش‌های پژوهش به نقطه‌ی شروع مناسبی دست یابند؛ نقطه‌ای که با صرف منابع کمتر، یعنی کارایی بالاتر، اثربخشی یکسانی را برای آنها به همراه خواهد داشت. دوم تازه‌کارها؛ تا عملکرد سرمایه‌گذاری خود را افزایش دهند، به دلیل فقدان تجربه‌ی کار با پورتفوی‌ها، 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 همتاهای ماهانه‌ی خود دست می‌یابند (که البتّه 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، می -بایستی 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 پورتفوی 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 پورتفوی.
- به دست آمدن نوع اطلاعات ورودی سازگار با شرایط بازار ایران جهت تشکیل پورتفوی.
- کمی‌سازی و سیستماتیک کردن فرآیند تجارت در بورس و ایجاد الگویی برای سایر سرمایه -گذاری‌ها.
- تعیین کارایی و سنجش عملکرد خبرگان، تازه کارها و روش‌های علمی در بورس

ایران.

- سنجشی هر چند مختصر، از شکل ضعیف فرضیه‌ی بازار کارا در بورس تهران.

همچنین با توجه به کاربردی بودن طرح، انواعی از شرکت‌ها و سازمان‌هایی که می‌توانند از نتایج به دست آمده از این پژوهش استفاده کنند عبارتند از:

سازمان بورس اوراق بهادار (بورس‌های منطقه‌ای و...)، شرکت‌های کارگزاری، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، صندوق‌های مشترک سرمایه‌گذاری، شرکت‌های بیمه، بانک‌ها، سرمایه‌گذاران فردی و علاقه‌مندان به سرمایه‌گذاری در بورس، دانشجویان و اساتید مالی، حسابداری و... .

٦-پیشنهادات تحقیق

۱. بررسی و مقایسه دقیق عملکرد الگوریتم‌های علف هرز مهاجم و فاخته در شرایط مختلف بازار (مثلاً بازارهای صعودی، نزولی و پایدار).
۲. طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم‌های ترکیبی که از مزایای هر دو الگوریتم علف هرز مهاجم و فاخته بهره‌برداری کنند.
۳. به کارگیری داده‌های واقعی و تاریخی از بازار سهام برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها، به‌ویژه در دوره‌های بحرانی
۴. انجام تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای ورودی الگوریتم‌ها و بررسی تأثیر آن‌ها بر نتایج بهینه‌سازی
۵. گنجاندن مدل‌های مختلف ریسک (مانند VaR و CVaR) در فرآیند بهینه‌سازی سبد سهام و بررسی تأثیر آن‌ها بر نتایج
۶. ادغام الگوریتم‌های فراابتکاری با تکنیک‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی رفتار بازار و بهینه‌سازی سبد سهام
۷. تحلیل تأثیر عوامل کلان اقتصادی (مانند نرخ بهره، تورم و تغییرات سیاسی) بر عملکرد سبد سهام بهینه‌سازی شده با این الگوریتم ها
۸. طراحی و پیاده‌سازی یک نرم‌افزار کاربردی که از الگوریتم‌های علف هرز مهاجم و فاخته برای بهینه‌سازی سبد سهام استفاده کند.

منابع و ماخذ

- تهرانی رضا، (۱۳۸۷)، ***مدیریت مالی،*** چاپ چهارم، تهران: انتشارات نگاه دانش،

- پدرام، پرهام. (۱۳۸۸). تبیین و ازمون الگوریتم روش تسلط تصادفی برای ارزیتبی کارایی پرتفوی بهینه. ***مالعات مالی***. ۱(۹). صفحه ۶۵-۸۳.

- جونز، چارلز پارکر. ***مدیریت سبد سهام (سبد سرمایه‌گذاری)*** / تألیف چارلز پارکز جونز؛ مترجم محمدشاه علیزاده. (۱۳۸۰). تهران **:** جامعه دانشگاهی: مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.

- رضائی پندری عباس، آذرعادل، رعیتی شوازی علیرضا، (۱۳۹۰)، به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفولیوی بهینه ای با اهداف غیر خطی (بورس اوراق بهادار تهران)، *فصلنامه پژوهش های اقتصادی*، ۱۶(۴۸) ، ۱۳۴-۱۰۹

- زمانیان غلامرضا, جمشیدی سجاد. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد شرکت های فرابورس 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-

- شیری 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، مائده؛ 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 ایرانبا 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 مدلهای

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، رابردت، (۲۰۱۴)، ***تئوری نوین سرمایه گذاری*** ، ترجمه دکتر علی پارسائیان وبهروز 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, ٤٦*(۲), ۱–۱۱.

Dantzig, G. B. (۱۹٦۳). *Linear programming and extensions*. Princeton University Press.

Dantzig, G. B. (۱۹٥٥). Linear programming under uncertainty. *Management Science, ۱*(۳–٤), ۱۹۷–۲۰٦. https://doi.org/۱۰.۱۲۸۷/mnsc.۱.۳-٤.۱۹۷

Davidson, R., & Duclos, J.-Y. (۲۰۰۰). Statistical inference for stochastic dominance and for the measurement of poverty and inequality. *Econometrica, ٦۸*(٦), ۱٤۳٥–۱٤٦٥. https://doi.org/۱۰.۱۱۱۱/۱٤٦۸-۰۲٦۲.۰۰۱٦۷

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/۱۰.۱۰۰۷/۹۷۸-۳-٦٦۲-۰٤۷۹۰-۳_۱

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, ۱٤*(۲), ٥٤۸–٥٦٦. https://doi.org/۱۰.۱۱۳۷/S۱۰٥۲٦۲۳٤۰۲٤۲۰٥۲۸

Dentcheva, D., & Ruszczyński, A. (۲۰۰٤). Optimality and duality theory for stochastic optimization problems with nonlinear dominance constraints. *Mathematical Programming, ۹۹*(۲), ۳۲۹–۳٥۰.

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, ٤١(٤), ٤٣٧–٤٥٨. https://doi.org/١٠.١٠٠٧/s١٠٦١٤-٠١٢-٩٣٤٣-٨

Fishburn, P. C. (۱۹۷۷). Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. *The American Economic Review,* ٦٧(٢), ١١٦–١٢٦.

Hadar, J., & Russell, W. R. (۱۹٦۹). Rules for ordering uncertain prospects. *The American Economic Review,* ٥٩(١), ٢٥–٣٤.

Kopa, M., & Post, T. (۲۰۱۷). *Portfolio optimization with DARA stochastic dominance constraints* (SSRN Working Paper No. ٣٠٦٣١٤١).
https://doi.org/١٠.٢١٣٩/ssrn.٣٠٦٣١٤١

Levy, H., & Hanoch, G. (۱۹۷۰). Relative effectiveness of efficiency criteria for portfolio selection. *Journal of Financial and Quantitative Analysis,* ٥(١), ٦٣–٧٦.
https://doi.org/١٠.٢٣٠٧/٢٣٢٩٧٦٧

Mainik, G., Mitov, G., & Rüschendorf, L. (۲۰۱٥). Portfolio optimization for heavy-tailed assets: Extreme Risk Index vs. Markowitz. *Journal of Empirical Finance,* ٣٢, ١١٥–١٣٤.

Zeleny, M. (۱۹۸۲). *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill.